

Aula 13 - Profº Felipe

*PETROBRAS (Engenharia de
Equipamento - Mecânica)
Conhecimentos Específicos - 2021
(Pós-Edital)*

Autor:

Felipe Canella, Juliano de Pelegrin

30 de Dezembro de 2021

Sumário

AÇOS – CLASSIFICAÇÕES E ELEMENTOS DE LIGA	5
Aços: classificação ABNT	6
Aços inoxidáveis.....	9
Aços inoxidáveis martensíticos.....	9
Aços inoxidáveis ferríticos.....	10
Aços inoxidáveis austeníticos.....	11
Impurezas nos aços-carbono	11
Inclusões, elementos e seus efeitos.....	12
Fósforo	14
FeS e MnS	17
Silício (Si), Alumínio (Al) e Estanho (Sn)	19
Nitrogênio, Hidrogênio e Oxigênio.....	20
Considerações finais e técnicas para se evitar efeitos prejudiciais	23
Classificação dos aços	27
Composição química.....	28
Estrutura	29
Aplicação	30
Aços-liga, elementos de liga e propriedades mecânicas	33
Efeitos dos elementos na ferrita (ferro α)	35
Efeitos dos elementos de liga em carbonetos	36
Efeitos dos elementos de liga em inclusões não-metálicas	36



Efeitos dos elementos de liga na forma de compostos intermetálicos.....	37
Efeitos dos elementos de liga na forma de partículas metálicas dispersas	37
Efeitos dos elementos de liga na formação da austenita (e transformação)	38
Efeitos dos elementos de liga na martensita	39
Efeitos dos elementos de liga no revenido	40
Aços – principais aplicações	42
LIGAS NÃO FERROSAS	45
Bronze: composição e aplicação.....	45
Composição do bronze	45
Aplicações do bronze.....	47
Composição do latão	48
Aplicações do latão	49
Latões especiais e latões para fundição	51
Alumínio e suas ligas	53
Aplicações típicas de ligas de alumínio	57
Magnésio e suas ligas	58
Titânio e suas ligas	59
MATERIAIS NÃO-METÁLICOS	61
Madeiras.....	61
Propriedades físicas e mecânicas da madeira	61
Defeitos e enfermidades.....	62
Preservação da madeira	63



Polímeros.....	64
Termoplásticos.....	64
Termofixos.....	65
Principais propriedades dos polímeros	65
Principais componentes dos plásticos	65
Materiais cerâmicos	66
Materiais compósitos.....	67
Teorias de resistência	70
Questões com comentários	72



APRESENTAÇÃO DA AULA

Estrategista, nessa parte do nosso grande bloco de **Ciência dos Materiais**, veremos os grandes tópicos sobre **os aços e os materiais metálicos não ferrosos**.

Além disso, teremos os materiais que não são metálicos. Abordarei com vocês os materiais poliméricos (de maneira breve, pois não costumam ser alvo das bancas para engenharia mecânica), bem como as cerâmicas, madeiras e materiais compósitos.

Nesse sentido, começaremos vendo os principais tópicos mais específicos sobre **aços** (classificação ABNT), **aço carbono, aços-liga e efeitos dos principais elementos de liga**. Nessa seara, teremos, também, as **aplicações típicas** de grande parte dos diferentes tipos de aços no decorrer dessa parte da aula.

Em um segundo momento, entrarei nos demais materiais com foco nas suas principais características e propriedades para cada tipo de liga e material, além de quais tipos são utilizados para diferentes aplicações. Algumas questões (graças a Deus, poucas) cobram a pura “decoreba” de certas ligas e sua aplicação.

Como de praxe, não deixe de seguir minhas redes sociais a fim de ter acesso a conteúdo exclusivo sobre **questões comentadas e dicas pertinentes**:



[profcanelas](https://www.instagram.com/profcanelas)



t.me/profcanelas

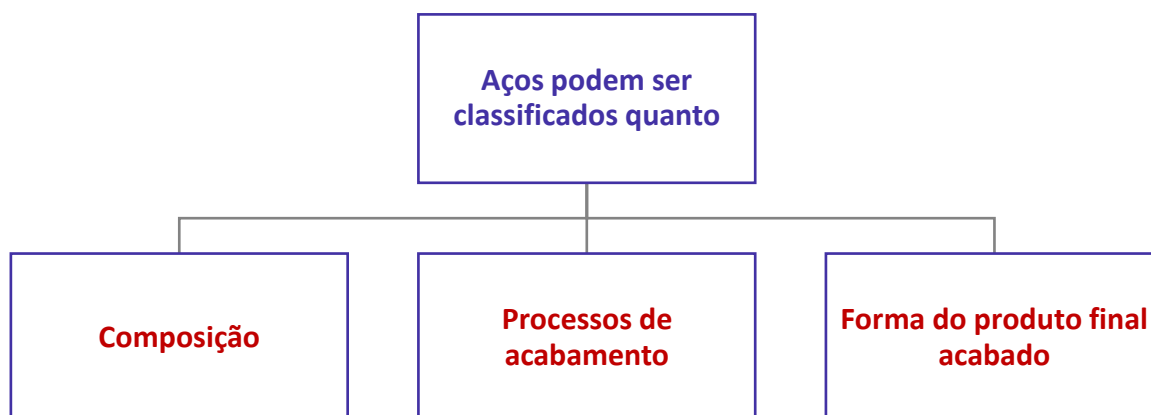


AÇOS – CLASSIFICAÇÕES E ELEMENTOS DE LIGA

Coruja, conforme conversamos na primeira parte da nossa aula de Ciência dos Materiais, os aços são ligas ferro e carbono (Fe-C) que vão possuir **diferentes concentrações de carbono** em sua liga, indo desde 0,022% a 2,06%, aproximadamente.

Nesse sentido, fica fácil percebermos que diversas classificações irão compor diferentes **Sistemas de Classificações dos Aços**. Esses sistemas podem agrupar os aços quanto a sua **composição** (aços-carbono e aços-liga); **processo de acabamento** (aços laminados a quente ou a frio) e **forma do produto final acabado** (barras, chapas grossas, tubos e perfis estruturais).

Por isso, esse é o primeiro ponto a se ter em mente para sua prova, de acordo com a doutrina específica¹:



Além disso, Estrategista, ainda dentro dessas classificações, podem ocorrer outras subclassificações (ou subdivisões), como **aços médio, baixo e alto carbono** (dentro dos aços carbono), bem como os **elementos de liga** (dentro dos aços-liga que veremos adiante).

Por conta disso, instituições globais e associações internacionalmente conhecidas desenvolveram diferentes métodos e regras para as designações de cada tipo de aço.

É por essa parte do nosso estudo que começaremos a aula de hoje, Coruja!

¹ CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



Aços: classificação ABNT

Não diferente do resto do mundo, Estrategista, a nossa Agência Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) também possui sua classificação para os diferentes tipos de aços.

Essa classificação tem base nos critérios de designações desenvolvidas e utilizadas pela *American Iron and Steel Institute (AISI)* e a *Society of Automotive Engineers (SAE)*.

Nesse sentido, a ABNT segue a linha de classificação do instituto e associação supramencionados. Dessa forma, o que você precisa saber, Coruja, é que, para nossa prova, os **dois primeiros dígitos** correspondem ao tipo de aço em relação a presença ou não de percentuais consideráveis de elementos de liga (por exemplo, o número 10 corresponde ao aço-carbono).

Além disso, os **dois últimos dígitos** correspondem ao **teor de carbono na liga**. Assim, temos, como exemplo, para o aço 1023, cerca de **0,23%** de teor de carbono na liga:



Preste atenção, Coruja! As concentrações em porcentagens são na casa do **décimo por cento!** Nada de achar que o número 23 (ou qualquer outro) corresponde a 23% de teor!

Além disso, Estrategista, temos uma outra classificação que pode vir a aparecer na sua prova, que corresponde a *Unified Numbering System (UNS)*.

A única coisa que você precisa saber é que a lógica é a mesma, tendo como diferencial a letra **G** no começo da designação e **três dígitos finais** para o **teor de carbono**. Assim, no exemplo da doutrina, teríamos para o aço 1023, a designação **G10230**.

A seguir, apresento uma tabela² compilada da doutrina específica com os principais exemplos de classificação dos aços para sua prova (inclui a designação UNS para ficar completa, todavia dificilmente aparecerá na sua prova. Mantenha o foco na designação AISI-SAE que é usada pela ABNT!):

Designação		Tipos de aço
AISI-SAE	UNS	
10XX	G10XXX	Aços-carbono comuns
11XX	G11XXX	Aços de usinagem fácil, com alto teor de Enxofre (S)
12XX	G12XXX	Aços de usinagem fácil, com alto teor de Fósforo (P) e Enxofre (S)
15XX	G15XXX	Aços-Mn com Manganês (Mn) acima de 1,0 %
13XX	G13XXX	Aços-Mn com 1,75% de Mn médio
40XX	G40XXX	Aços-Mo com 0,25% de Molibdênio (Mo) médio
41XX	G41XXX	Aços-Cr-Mo com 0,40 a 1,10% de Cromo (Cr) - 0,08 a 0,35% de Mo – 0,75 a 1,00 de Manganês (Mn)
43XX	G43XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 1,65 a 2,0% de Níquel (Ni) - 0,4 a 0,9% de Cr - 0,20 a 0,30% de Mo
46XX	G46XXX	Aços-Ni-Mo com 0,70 a 2,0% de Ni - 0,15 a 0,30% de Mo
47XX	G47XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 1,05% de Ni, 0,45% de Cr - 0,20% de Mo.
48XX	G48XXX	Aços-Ni-Mo com 3,25 a 3,75% de Ni – 0,20 a 0,30% de Mo.
51XX	G51XXX	Aços-Cr com 0,70 a 1,10% de Cr.
E51100	G51986	Aços-cromo (forno elétrico) com 1,00% de Cr.
E52100	G52986	Aços-cromo (forno elétrico) com 1,45% de Cr.
61XX	G61XXX	Aços-Cr-V com 0,60 ou 0,95% de Cr e 0,1% ou 0,15% de Vanádio (V) min.
86XX	G86XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,55% de Ni – 0,50% de Cr – 0,20% de Mo.
87XX	G87XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,55% de Ni – 0,50% de Cr – 0,25% de Mo.
88XX	G88XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,55% de Ni – 0,50% de Cr – 0,30 a 0,40% de Mo.
9260	G92XXX	Aços-Si com teor de 1,80 a 2,20% de Silício (Si)
50BXX	G50XXX	Aços-Cr com 0,20 a 0,60% de Cr – 0,0005 a 0,003% de Boro (B)
51B60	G51601	Aços-Cr com 0,80% de Cr – 0,0005 a 0,003% de Boro (B)
81B45	G81451	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,30% de Ni – 0,45% de Cr – 0,12% de Mo – 0,0005 a 0,003% de B.
94BXX	G94XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,45% de Ni – 0,40% de Cr – 0,12% de Mo – 0,0005 a 0,003% de B.

Estrategista, antes de tecer algumas considerações sobre a tabela acima, friso que muito provavelmente sua prova pode vir a cobrar as designações usada pela ABNT que segue o padrão da AISI-SAE.

² Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



Dito isso, gostaria de elencar para você alguns pontos que acredito, pela minha experiência, serem importantes e motivos para sua atenção (além do fato de que de tempos em tempos, sugiro a leitura dessa tabela. Sei que é um “saco”, mas não tem escolha). Todavia, para ficar menos traumático, tenho fé que certas observações são importantes e que **podem ser exploradas em provas**, como:

- Perceba, Coruja, que o único elemento químico que se repete nas séries de designação 40XX (40XX, 41XX, 43XX, 46XX, 47XX, 48XX) é o **Molibdênio (Mo)**;
- **Boro (B)** é o elemento químico de menor concentração quando encontrado em composição da liga (0,0005 a 0,003%). Veja os tipos 50BXX, 51B60, 81B45, 94BXX;
- Perceba que nas séries 86XX, 87XX e 88XX as concentrações de Níquel (Ni) e Cromo (Cr) são as mesmas, só mudando as concentrações de Molibdênio (Mo);
- Última consideração antes dos pontos da Corujinha abaixo: perceba, Estrategista, que se o examinador perguntar quais são os principais elementos de liga, além do **carbono**, tem que estar no sangue, hein? Resposta: **Molibdênio (Mo), Cromo (Cr), Níquel (Ni) (que mais aparecem); Enxofre (S), Fósforo (P), Manganês (Mn), Silício (Si), Boro (B) e Vanádio (V).**



Coruja, perceba os pontos que marquei em **vermelho** lá na nossa tabelinha. Atenção:

- 1-) Perceba as diferenças de teores de Manganês e suas designações (**15XX e 13XX**);
- 2-) Perceba que na designação UNS do **47XX** é a única com “dois dígitos - XX” para o teor de carbono (G47XX);
- 3-) Atenção na designação **61XX** – é a **única** que contém o **Vanádio (V)** e a **única sem intervalos de percentuais de teores (ou é um valor ou outro)**!

Estrategista, acredito que, dessa primeira parte de classificação de acordo com a ABNT, seja o suficiente para sua prova (devido à falta de questões no âmbito de concursos é difícil ter maiores certezas do perfil de cobrança).

Veremos, a partir de agora, os **principais elementos de liga e seus efeitos** em diferentes fases, processos e tratamentos nos aços-liga. Antes, iremos abordar algumas consequências das **impurezas** nos aços-carbono. Avante, Coruja!

Aços inoxidáveis

Estrategista, aqui vale a pena lembrarmos alguns pontos específicos sobre os aços inoxidáveis, e ver os principais tipos que podem aparecer na sua prova. Oras, lembre-se que o aço inoxidável é um aço com alto teor de **cromo** (a partir de cerca de 10%), cuja função principal é estabelecer a resistência à corrosão, pelo processo de **passivação**, no qual garante uma película fina e aderente ao material formada por **óxido de cromo** (que interrompe o processo corrosivo em certos meios, como o ar atmosférico).

Além disso, convém retomar que esse aço pode sofrer de **corrosão intergranular** quando submetido a elevadas temperaturas, pois pode ocorrer a formação de precipitados de **carbonetos de cromo** (ou **carbeto de cromo**, a depender do autor) que acaba por deixar regiões entre os grãos empobrecidas de cromo. Dessa forma, essas regiões ficam suscetíveis a esse tipo de corrosão.

Bom, agora, veremos alguns **tipos** de **aços inoxidáveis** quanto a suas principais características e propriedades. Serei breve e elencarei de forma objetiva para sua prova (prometo rs) a luz da doutrina dominante. São eles os **aços inoxidáveis martensíticos**, **ferríticos** e **austeníticos**.

Aços inoxidáveis martensíticos

- Contém cerca de **11,5%** a **18%** de cromo. São endurecíveis por meio de **têmpera** (tratamento que já vimos antes);
- Os de **baixo carbono** recebem o “apelido” de “**turbina**”; de **médio carbono**, “cutelaria” e de **alto carbono**, “resistente ao desgaste”;
- São **ferro-magnéticos**;
- São facilmente trabalhados a quente e a frio;
- **Níquel** melhora a resistência à corrosão – destaque-se o **aço 431** (melhor resistência à corrosão, pelo baixo nível de carbono que implica em menos carbonetos formados, alto teor de cromo e presença de níquel);
- **Têmpera** melhora a resistência à corrosão, pois ajuda a evitar que precipitação de carbonetos ocorra (como a formação de carbonetos de cromo que vimos, já que o carbono fica “aprisionado” intersticial);

Agora, veremos as principais aplicações de cada um. Acho muito difícil cobrarem cada nome de cada tipo. Por isso, minha sugestão é ter uma noção de suas aplicações gerais, principalmente dos 403 e 410, além do 431. Isso porque as características dos demais são muito parecidas:



- **403 e 410** – por terem baixo teor de carbono, são fáceis de conformar a frio quando recozidos. São usados em **lâminas forjadas** ou **usinadas de turbina**, **compressores**, **tesouras**, **canos de fusil**, **componentes de micrômetros**, **instrumentos de medidas**, **componentes para indústria petroquímica**;
- **420** – possui alta dureza e tenacidade razoável depois de tratamento térmico. São usados em **cutelaria**, **instrumentos cirúrgicos**, **eixos de bomba**, **válvulas**, **peças de motores a jato**, **mancais de esfera**, **parafusos e buchas**;
- **414 e 431** – possuem elevada **dureza** e resistência mecânica. São usados em **molas**, **parafusos e porcas**, **peças para bombas**, **peças para visões**, **eixos de hélice marítimas**, **peças para fornos**. Lembre-se do aço 431 que tem elevada resistência à corrosão;
- **416, 416 Se e 420 F** – são de **usinagem fácil** e usados para, de novo, **parafusos**, **porcas**, **hastes de válvulas**, **lâminas de turbina**, **cutelaria**, etc.
- **440 A, 440B e 440 C** – devido ao alto teor de carbono, possuem alta resistência ao desgaste. Novamente, podem ser empregados em instrumentos cirúrgicos, mancais de esfera, válvulas. Perceba a repetição rsrs.

Aços inoxidáveis ferríticos

- Aqui os teores de **cromo** são mais **elevados** (primeira característica a se memorizar, Coruja), chegando a cerca de **25%**;
- O teor de **carbono** é **baixo** (cerca de **0,20%**);
- São **aços que não contem austenita** e, assim, **não são endurecíveis** pelo tratamento de **têmpera** (memorize isso!);

Agora, veremos os principais tipos quanto suas principais características e algumas aplicações:

- **405 e 409** – são de **baixo teor de cromo**. O 405 possui microestrutura ferrítica garantida pela adição de alumínio que estabiliza a ferrita e garante a não formação de austenita em altas temperaturas. Assim, facilita operações de **soldagem** (elevadas temperaturas), pois evita a formação de martensita no resfriamento (já que não forma austenita, antes) e o 409 gera soldas muito tenazes;
- **430** – é o **mais usado**, justamente por ter **grande** resistência à ação de ácidos, como o nítrico (HNO_3), orgânicos e água do mar. É o **único** que não é inteiramente ferrítico;
- **442** – é o que tem maior resistência à corrosão quando comparado com os anteriores;
- **446** – esse é o que **mais** tem resistência à corrosão entre todos, justamente pelo alto teor de cromo. Além disso, é resistente à oxidação em altas temperaturas;



Aços inoxidáveis austeníticos

São encontrados em **dois grupos** (aços ao cromo-níquel e aços ao cromo-manganês-níquel). O primeiro grupo é o mais comum e são encontrados a maioria dos aços inoxidáveis austeníticos. Aqui, cabe o destaque para o aço inoxidável 18-8 (possui teor de cromo em 18% e níquel em 8%). Por conta do **níquel** ser mais **nobre** que o **ferro**, ele garante uma maior resistência à corrosão e oxidação (memorize essa informação para sua prova, Coruja). O níquel também forma uma camada de proteção na superfície da peça e faz com que a recuperação da película protetora de um aço inoxidável seja muito mais rápida do que sem níquel, caso seja removida.

Além desses detalhes, saiba que os aços inoxidáveis **austeníticos não são magnéticos** (veja que é uma diferença dos martensíticos) e **não são endurecíveis** (pois são austeníticos). Aqui cabe uma ressalva, pois subentende-se da obra de Chiaverini, que não sejam endurecíveis por têmpera. Todavia, o renomado autor cita que esses aços quando **encruados** (trabalho a frio) atingem elevada dureza, muito porque a instabilidade da austenita gera sua transformação em ferrita que ficará supersaturada em carbono (lembre-se que não teve alta temperatura no processo). Esse cenário gera tensões elevadas, pelo carbono intersticial. Normalmente, a dureza é acima até mesmo do mesmo tipo de processo em outros aços.

Aqui nesse grupo de aços inoxidáveis, temos toda a série 301 até 329 que julgo muita informação para sua prova com pouco custo benefício. Todavia, duas informações que eu quero que você guarde são:

- Famoso fenômeno da **corrosão intergranular** (já vimos) e é comum a aplicação de **nióbio** e **titânio** para evitar esse problema, já que eles irão formar os carbonetos (por conta da maior afinidade que possuem com o carbono em relação ao cromo) e, assim, preservar o cromo na liga para a resistência à corrosão;
- Eles podem sofrer tratamentos térmicos e termoquímicos (como a nitretação). Não são endurecíveis, mas podem ser tratados termicamente por outros tratamentos;

Impurezas nos aços-carbono

Estrategista, quando falamos em produtos siderúrgicos produzidos a partir do minério de ferro (principal elemento do aço – liga ferro-carbono), temos que entender que alguns outros elementos também farão parte da liga.

Esses outros elementos (sejam **metálicos**, sejam **não metálicos**) farão parte daquilo que se chama “impurezas” na liga de aço. Os principais elementos químicos considerados **normais** que podem vir a fazer parte da liga são: **enxofre (S)**, **Manganês (Mn)**, **Fósforo (P)**, **Silício (Si)** e o **Alumínio (Al)**.





EXEMPLIFICANDO

Por conta disso, Coruja, a doutrina específica costuma chamar a liga de aço (ferro-carbono) de uma liga **ternária** e não **binária**! Todavia, se aparecer na sua prova que o aço é uma liga binária, não deixe de marcar e correr para o abraço, hein? A não ser que tenha a opção de liga ternária! ;)

Dessa forma, você deve ter percebido que a depender dos teores de certos elementos químicos, teremos diferentes **efeitos** (alguns **positivos** e outros **negativos**) dessas impurezas, correto? Oras, lembra da parte 1 da nossa aula, Estrategista? Os elementos químicos tem efeito direto na microestrutura do material e, consequentemente, nas propriedades mecânicas dele.

Nessa seara, surge o termo **inclusões** que podem ser de origem **metálicas** e **não metálicas**. “Tá, e o que são essas inclusões??” As inclusões, Coruja, nada mais são que as **reações químicas** que serão formadas por conta das **impurezas presente na liga**. “Bora” ver os principais aspectos dessas inclusões e seus efeitos no aço-carbono?

Inclusões, elementos e seus efeitos

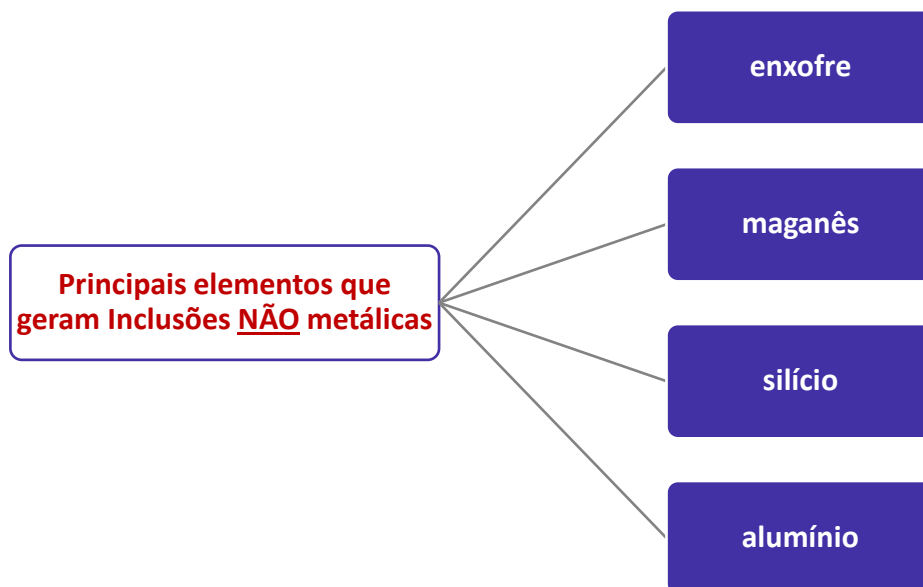
Essas inclusões, Coruja, vão reagir entre si ou entre outros elementos químicos. Por exemplo, quando as impurezas (outros elementos químicos) reagirem com o oxigênio ou nitrogênio do ar, teremos a formação das **inclusões não metálicas** na liga. Além disso, Coruja, as inclusões podem ter efeitos positivos ou negativos na liga, viu? Por isso, grave:



Nem sempre as **inclusões serão negativas**! Elas podem ser **positivas** a depender da liga analisada! :).

Outro ponto interessante para sua prova é que dentre aqueles elementos mais normais de aparecerem como impurezas nos aços-carbono (**enxofre, manganês, fósforo, silício** e o **alumínio**) o único que **não será o principal** responsável pelas inclusões do tipo **não metálica** é o **fósforo**. Assim, temos:





Uma forma de gravar e não se confundir, Coruja, é pelo mnemônico “SEMA” – (Silício, Enxofre, Manganês e Alumínio! ;).

Uma característica importante sobre as inclusões não metálicas, Coruja, é sobre sua **origem**. Nesse sentido, a doutrina específica nos traz duas classificações: a **endógena** e a **exógena**.

Conforme aponta a literatura³, temos:

- **Endógena**: sua origem tem relação com os processos **internos durante a elaboração do aço** ou **durante sua solidificação**. Normalmente, são formadas pela precipitação do **enxofre** e do **oxigênio**, gerando sulfetos, óxidos, silicatos e aluminatos.
- **Exógena**: por outro lado, a origem dessa inclusão provém de fontes **externas**. Elas costumam ser provenientes de processos de **corrosão, escórias** e **erosão** dos materiais refratários das paredes do fornos e canais de vazamento, bem como metais e ligas de difícil dissolução em banho metálico. São comumente constituídas de silicatos, aluminatos e diferentes óxidos e

³ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



possuem a particularidade de terem **dimensões maiores com formato irregular e complexa constituição**.



Se liga no “bizu”, Coruja:

Natureza **endógena**: origem **interna** durante **elaboração do aço** ou **solidificação**. Formadas pela precipitação do **oxigênio** e **enxofre**;

Natureza **exógena**: origem **externa** (**corrosão, escórias e erosão**). Possuem **formatos irregulares e de complexa constituição**.

Todavia, Estrategista, antes vermos os efeitos de cada elemento químico nas inclusões no aço-carbono (acredito que seja melhor separarmos por elemento para melhorar sua compreensão) é bom você gravar que os **formatos** das inclusões vão variar.

Normalmente, a depender do **processo de conformação do aço**, bem como do **elemento químico (impureza)**, teremos diferentes formas. Além disso, no âmbito da deformabilidade, quando o aço for conformado (passar por processos de conformação – vistos na aula de Processos Mecânicos de Fabricação), a nocividade (característica prejudicial que veremos a seguir em cada elemento) pode **aumentar** ou **diminuir**.

Nessa seara, por exemplo, teremos algumas partículas, antes esféricas, atingindo um sentido de alongamento na direção de um processo de Laminação. Nesse sentido, algumas inclusões de silicatos e sulfetos formam estrias alongadas. Todavia, as de silicato possuem bordas com arestas vivas, aumentando a chance de gerar tensões, diferentemente das de sulfetos. Tranquilidade, Coruja! Para sua prova é mais do que suficiente.

Agora, veremos cada elemento químico e suas características pejorativas (nocividade) ou positivas (favoráveis). Acredito que para sua organização de estudo será uma maneira mais assertiva.

Fósforo

A primeira característica desse elemento que eu quero que você guarde, Estrategista, é que ele pode implicar em aspectos **favoráveis** e **não favoráveis** (nocividade).



Esse é o entendimento compartilhado pela doutrina já mencionada. Todavia, durante muito tempo o fósforo foi considerado um elemento **exclusivamente nocivo**, principalmente para **aços duros, de alto carbono ou quando sua concentração fosse maior que certos valores**, causando a **fragilidade a frio**.

Nesse cenário, Coruja, convencionou-se certos limites de concentrações desse elemento, conforme sua aplicação⁴:

Trilhos	Eixos	Estruturas de pontes	Estrutura de construção e barras de concreto armado
• 0,04 %	• 0,05%	• 0,06%	• 0,10%

Em aços-liga, com outros elementos, ele pode variar de 0,025% no máximo até 0,04% no máximo a depender da liga.

Todavia, o fósforo também possui características **favoráveis**. Nesse sentido, com o aumento da **dureza** provocada pela sua fácil solubilidade na ferrita (ferro α), há o aumento da **resistência à tração**. Normalmente, esse tipo de propriedade alcançada é benéfica em aços de baixo carbono, pois o efeito nocivo do fósforo é menor pela menor concentração de carbono.

Outro efeito positivo é sua **resistência à corrosão** e significativa melhora na **usinabilidade** quando adicionado a liga junto com **enxofre**.



Coruja, um efeito que pode vir a aparecer na sua prova é o denominado “ghost line”. Grave: ele surge por conta da **incompatibilidade do fósforo com o carbono**. A presença de fósforo em certas concentrações, expulsa o carbono da austenita (fase na qual a solubilidade de carbono é maior). Assim, quando resfriado, o aço entra no campo ferrítico e as áreas ricas

⁴ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



em fósforos, possuem somente a ferrita (quase ausência total da perlita – ferrita mais cementita, esta proveniente do carbono que viria do campo austenítico). Assim, várias estrias longitudinais são formadas por ferrita e elas recebem a denominação de “ghost lines”.

Coruja, antes de vermos as principais características e efeitos dos outros elementos químicos no aço na formação das inclusões, vejamos as principais **causas** que geram as reações para formação dessas inclusões. A literatura específica⁵ cita que, praticamente **todas as reações** ocorrem quando o **aço** está na fase **líquida** durante seu processo de fabricação e elenca as **principais causas**:

- **Precipitação de óxidos e sulfetos** que costuma ocorrer no processo de **solidificação do aço**. Esses óxidos e sulfetos atingem uma **solubilidade menor** no aço líquido ou no aço sólido à medida que a **temperatura cai**;
- **Separação deficiente** em relação aos produtos derivados de processos de **oxidação e dessulfuração** provenientes da adição de desoxidantes e dessulfurantes;
- **Escórias** formadas tanto nos fornos quanto nas panelas de vazamento;
- **Arrastamento** dos produtos provenientes de erosão e corrosão de material refratário das paredes do forno ou dos canais de vazamento no metal líquido (aço líquido);
- **Adição** de produtos (outros ferro-ligas), por exemplo, e **aditivos** para a fundição do metal que acabam não se dissolvendo durante o banho metálico.

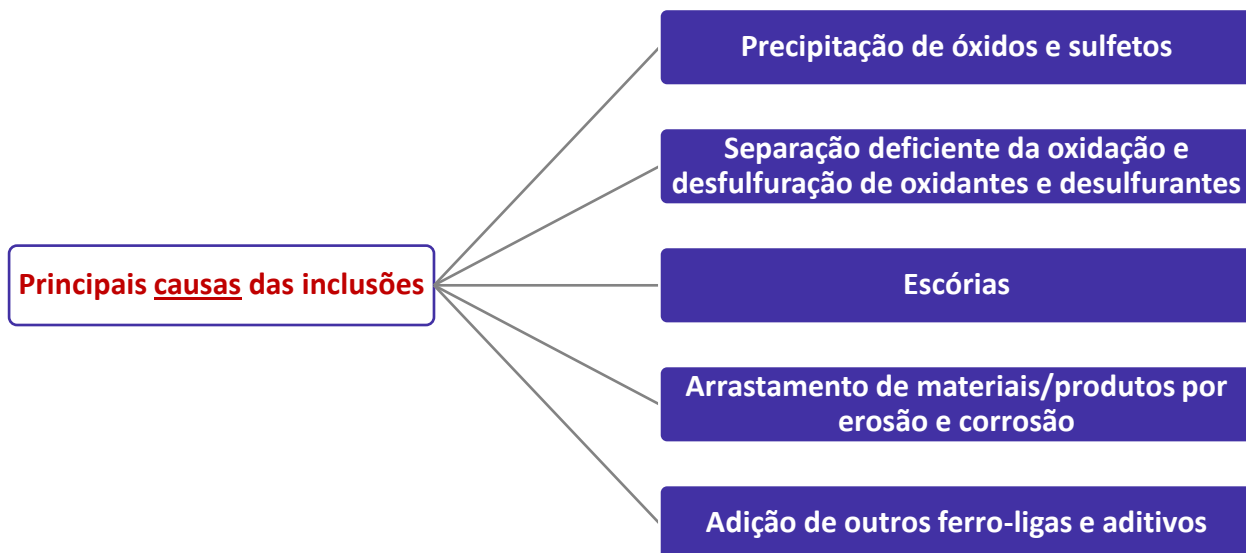


Estrategista, apesar de não ter aparecido ainda em concursos, tem “cheiro” de prova o examinador cobrar essas **causas** que acabamos de ver! Por isso, sugiro que você as memorize, ok?!

Dessa forma, Estrategista, tenha sempre em mente o esquema abaixo com as principais palavras-chave que remetem às **causas de formação dessas inclusões**:

⁵ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.





Além disso, Coruja, outra informação importante é saber que essas inclusões possuem dimensões muito pequenas. Conforme cita De Seabra e Ribeiro Salta apud Chiaverini (2005), a grande maioria (cerca de 98% das inclusões) possuem cerca de 0,2 microns. Assim, somente de 1 a 2% são visíveis no microscópio.

Outro ponto que pode vir a aparecer na sua prova é sobre os **óxidos** que formam inclusões em **aços efervescentes** – essas inclusões podem chegar a cerca de 30 microns na superfície do aço.



Essas inclusões de grande dimensão quando comparadas às demais dos aços efervescentes, provém, principalmente, de óxidos, como os óxidos **de ferro (FeO)**, **de manganês (MnO)**, **de alumínio (Al₂O₃)** e **de silício (SiO₂)** e suas presenças estão relacionadas a defeitos superficiais em processos de laminação à frio! ;).

Coruja, agora, entraremos nas características e efeitos dos demais elementos específicos citados pela doutrina. Acredito que podem ser alvos de cobrança de questões diretas.

FeS e MnS

Normalmente, Estrategista, os **sulfetos de ferro e de manganês** também geram inclusões em regiões de segregação dos aços efervescentes. A primeira particularidade apontada pela doutrina sobre o **enxofre** tem relação com o **teor de carbono no aço**. Quando ele **é muito baixo** o efeito do enxofre é **mínimo**. Dessa forma, quando o enxofre se encontra em teores de até 0,1% nesse aço com baixo teor de carbono, seus efeitos nas propriedades de resistência à tração, na ductilidade e na tenacidade são menores.



Por outro lado, o **sulfeto de ferro (FeS)** gerado pode gerar **defeitos** nos aços quando submetidos a **processos de fabricação à quente** (como a conformação à quente). Esse efeito ocorre porque esse sulfeto possui como característica baixo ponto de fusão (cerca de 1000°C). Dessa forma, pode ser alterada a microestrutura em processos à quente acima dessa temperatura.

Usualmente, para se evitar esse efeito indesejado, Coruja, adiciona-se a liga o **manganês**. Esse elemento tem como característica elevado ponto de fusão (1600°C) quando comparado com o sulfeto de ferro. Dessa forma, como o enxofre (que formará o sulfeto de ferro – FeS) possui maior afinidade com o manganês, será formado o **sulfeto de manganês (MnS)**. Assim, essa fragilidade à quente é eliminada.

Todavia, Coruja, o **sulfeto de manganês (MnS)** formado também possui desvantagens. Um efeito indesejável é notado, principalmente, nos aços efervescentes e semi-acalmados (por conta de o teor de oxigênio ser mais elevado). Esse efeito indesejável é chamado de **duplex** (DE SEABRA e RIBEIRO SALTA *apud* CHIAVERINI, 2005).

O **duplex** surge pela formação de silicatos monofásicos ou óxidos multifásicos e que possuem camadas de sulfetos maiores de que 100 microns. Outro ponto citado pelos renomados autores é que se essas inclusões forem estabelecidas próximas a bolhas, podem surgir o defeito de **pontos pretos** que influencia negativamente em processos de dobramento e estiramento a frio. (Eu sei, Coruja, um saco ter que memorizar esses detalhes. Mas, fique em paz. Saber isso é mais do que suficiente).

Além desse ponto, Coruja, existe uma porcentagem do **manganês** que não irá se combinar com o enxofre ou com o oxigênio. Dessa forma, ele poderá atuar de duas maneiras de acordo com a doutrina⁶: se o **teor de carbono** do aço for **baixo**, ele irá se dissolver na microestrutura ferrítica e proporcionará **aumento de dureza**; se for **alto o teor de carbono**, ele formará o composto **Mn₃C** que pode se associar com a cementita (Fe₃C) presente, tornando **o aço ainda mais duro e resistente**.

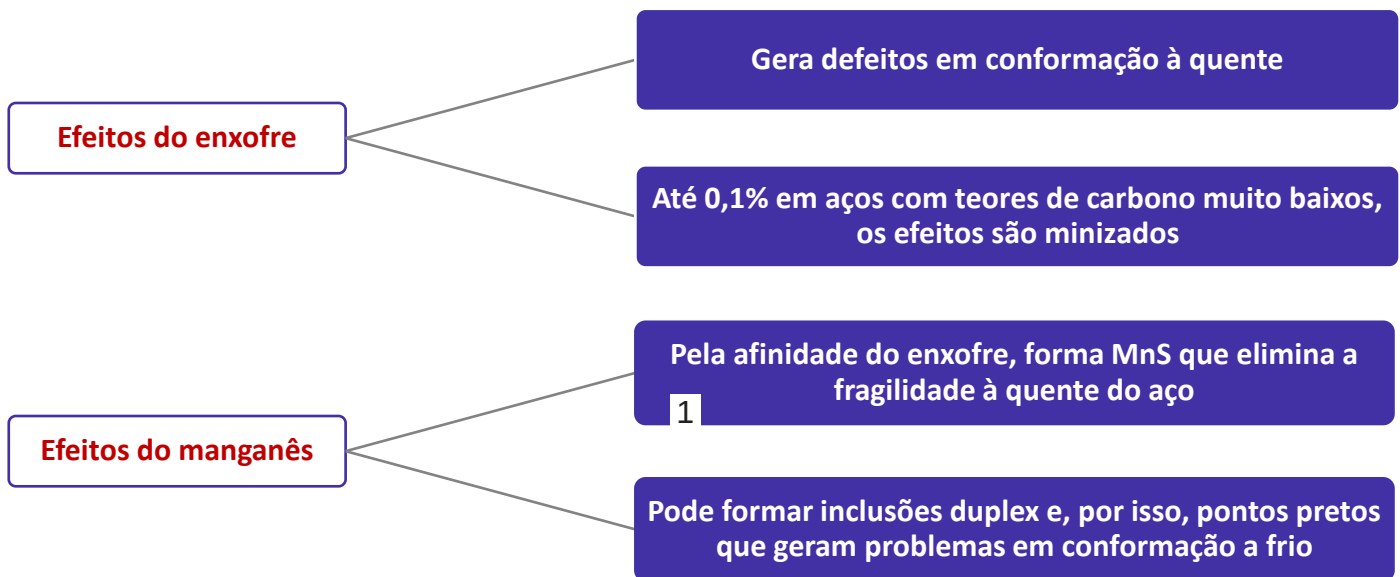


Coruja, você sabe o que são **aços efervescentes**? Tranquilidade! De maneira resumida, nada mais são que **aços com elevados teores de oxigênio** e quase nunca recebem adição de desoxidantes. Já os **aços acalmados** são os aços efervescentes que **passam pelo processo de desoxidação**. ;)

⁶ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



Perceba que temos uma relação que deve ser mantida entre o enxofre e o manganês a fim de que tenhamos os percentuais de inclusões dentro da normalidade, “tchierto”? Estrategista, resumindo em um esquema (farei para cada elemento e um geral no final com todos eles), temos:



Silício (Si), Alumínio (Al) e Estanho (Sn)

Estrategista, o principal efeito da presença de **silício** nos aços carbono tem um caráter **positivo**. Esse principal efeito, de acordo com a literatura específica, é proporcionar uma **redução na formação das bolhas**, proveniente das ligações entre o **oxigênio** com o **carbono** que geram **monóxido de carbono (CO)** ou **dióxido de carbono (CO₂)**. Dessa forma, o **silício se combina com o oxigênio** e, assim, age com sua função **desoxidante**.

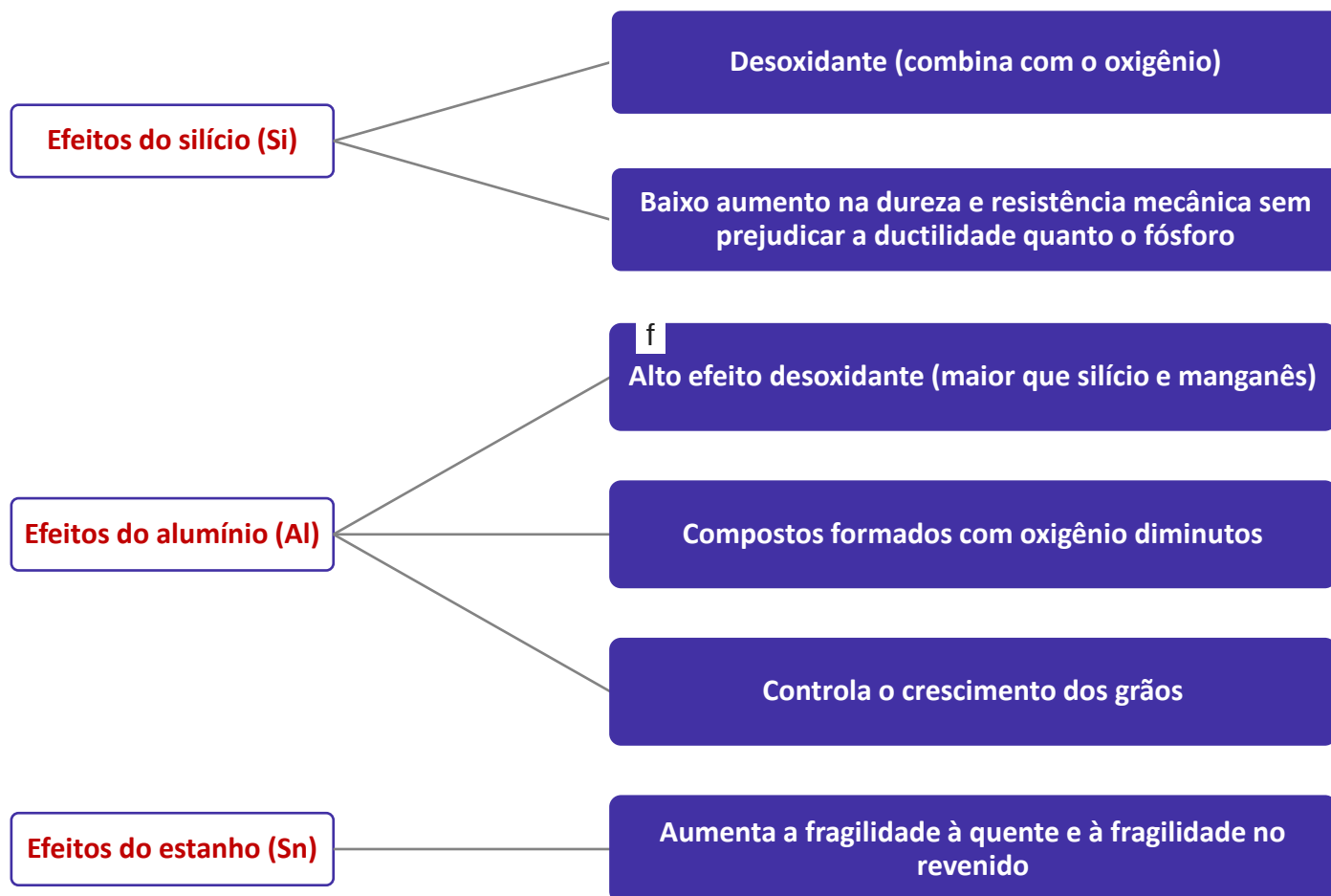
Nesse sentido, Coruja, o silício formará compostos sólidos quando adicionado no aço líquido quando combinado ao oxigênio. Além disso, outros efeitos são gerados pela presença do silício que são de menor relevância, como o aumento pequeno da resistência mecânica e dureza, sem prejudicar muito sua ductilidade (o silício também se dissolve na fase ferrítica do aço).

Quando falamos do **alumínio (Al)**, podemos citar seu efeito **desoxidante**, também. Nesse sentido, ele é até **mais eficiente que o silício e o manganês**, pois os compostos formados entre alumínio e oxigênio possuem como característica serem **muito pequenos**, gerando menores efeitos no aço (quando comparados aos demais elementos citados). Outro ponto que a doutrina menciona sobre o **alumínio em aços carbono é sua atuação como elemento controlador do crescimento de grãos** (pode aparecer essa informação na sua prova)!



Sobre o **estanho** o renomado autor⁷ cita seu efeito **prejudicial** ao aço carbono de torná-lo mais suscetível **à fragilidade a quente** e à fragilidade quando submetido ao tratamento térmico do **revenido**.

Assim, podemos resumir os efeitos desses elementos no quadro a seguir:



Nitrogênio, Hidrogênio e Oxigênio

O nitrogênio, Estrategista, tem como principal efeito o **endurecimento por precipitação** no aço baixo carbono em uma grande variedade de temperatura. Todavia, à temperatura ambiente, o endurecimento é evidente, pois esse elemento possui solubilidade extremamente baixa na microestrutura ferrítica (ferrita ou ferro α) – cerca de somente 0,001% é dissolvido, conforme cita a doutrina⁸. Esse teor de solubilidade tende a aumentar conforme a temperatura aumenta (chegando a 0,02% a 425°C). Todavia, o renomado autor

⁷ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.

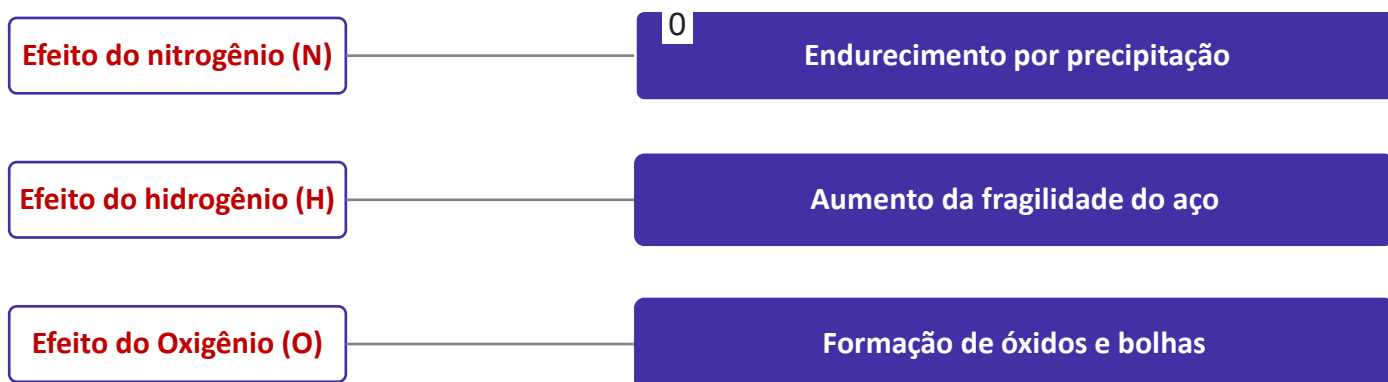
⁸ Epstein *apud* Chiaverini (2005).



citado, menciona que teores de nitrogênio acima de 0,01% já podem causar o fenômeno do endurecimento por precipitação.

Quanto ao **hidrogênio**, o que você precisa saber é que ele aumenta a fragilidade do aço carbono de uma maneira geral. Isso ocorre, Coruja, porque o hidrogênio, por ser um átomo menor tamanho, difunde-se no retículo cristalino do material e ocupando posições intersticiais nas células unitárias. Dessa forma, atua como um obstáculo na movimentação das discordâncias, o que faz diminuir a capacidade de acomodação da deformação plástica, ocasionando perda na ductilidade e aumento da fragilidade.

Sobre o **oxigênio**, é importante você saber, Coruja, que além das inclusões não-metálicas que já mencionei, ele é o principal protagonista na formação de diferentes **óxidos** líquidos ou gasosos (quando o aço está fundido). Com sua solidificação, esses óxidos outrora formados constituirão as bolhas no aço.

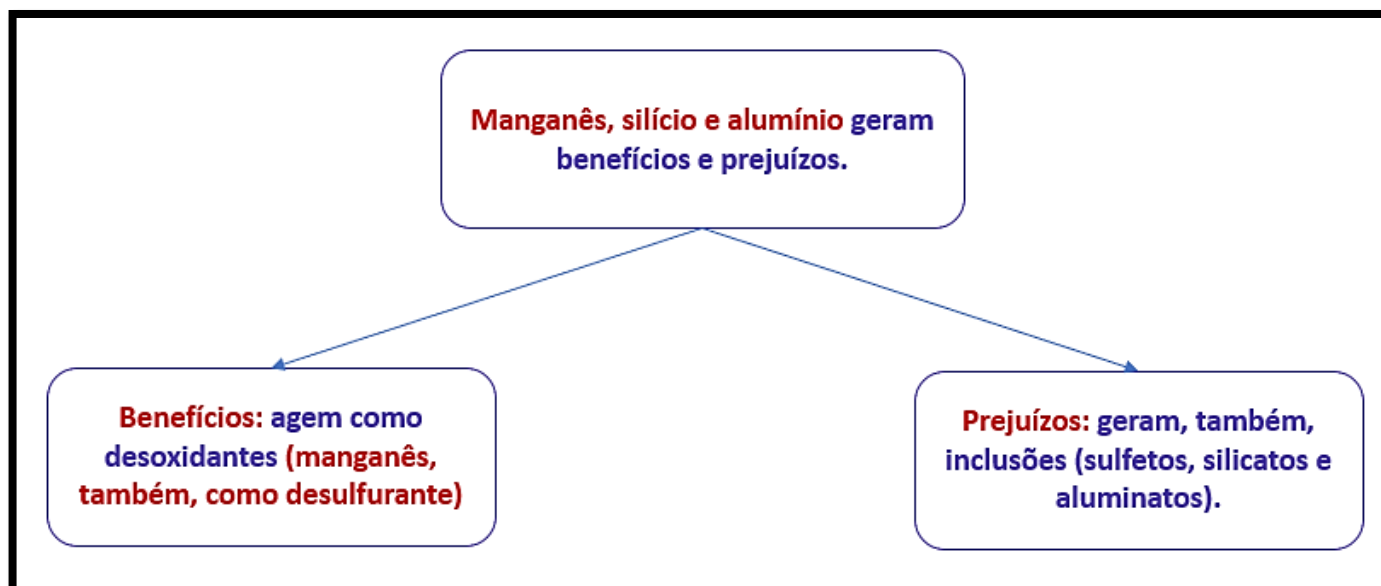
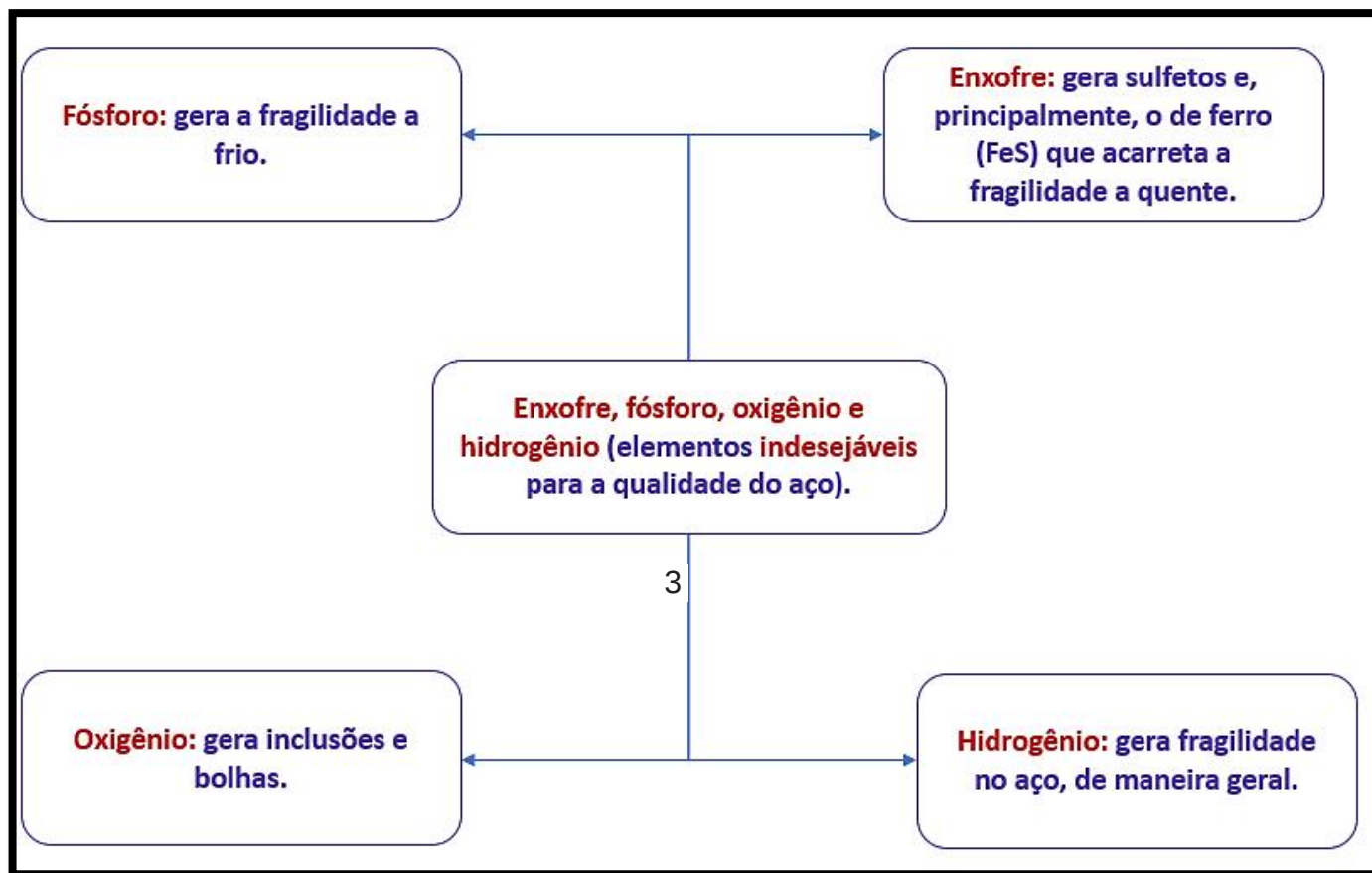


Estrategista, sobre os elementos químicos e seus **efeitos** nos aços carbono, acredito que seja o suficiente para você detonar na sua prova! Maiores detalhes, fugiram do escopo e do custo benefício para seu certame.

Agora, vou apresentar uma resumo geral (envolvendo todos os elementos que vimos no que tange a impurezas e suas inclusões não-metálicas) mencionado pela literatura específica citada nessa parte da nossa aula.

De maneira geral, podemos concluir o seguinte, Estrategista:





Considerações finais e técnicas para se evitar efeitos prejudiciais

Antes de fecharmos essa primeira parte e irmos para os aços liga, Coruja, é importante vermos alguns conceitos gerais e finais sobre as inclusões. Um deles comumente citado é de **“aço-limpo”**. De acordo com a doutrina, pode-se inferir que seria um aço **livre de inclusões (sejam de micro inclusões, sejam de macro inclusões)**. Todavia, saiba que é praticamente impossível de se produzir um aço carbono livre de inclusões.

Essa divisão entre **micro** e **macro inclusões** é baseada em suas dimensões. A literatura específica⁹ menciona que a fronteira de dimensão que separa as duas vai de 5 a 100 micrometros. Assim, pode-se dizer que dimensões maiores que 100 micrometros são consideradas macro inclusões.

Outro ponto que você precisa memorizar para sua prova sobre elas é que, necessariamente, as **macro inclusões** serão sempre **prejudiciais ao aço** (geram fissuras quando o material sofre algum tipo de esforço, por exemplo). Por outro lado, Coruja, as **micro inclu**³**es** podem gerar até efeitos **benéficos** (podem restringir o tamanho do grão, além de aumentar o limite de escoamento e dureza, bem como influenciar na precipitação de carbonetos e nitretos), como cita a doutrina específica¹⁰.



Fique alerta, Coruja: as **macro-inclusões sempre geram prejuízos no aço!** As **micro-inclusões** podem gerar **prejuízos** ou **benefícios!**

Outro ponto interessante é sobre a **deformabilidade** dessas inclusões, Estrategista. A literatura específica¹¹ cita para cada composto formado:

- **Óxidos de ferro e manganês**: apresentam **alta** deformabilidade à temperatura ambiente e perdem, gradualmente, quando entra na faixa de temperatura de 400 a 800°C;
- **Óxidos de alumínio e aluminatos de cálcio**: são **indeformáveis** em toda faixa de temperatura de fabricação do aço, assim como os **óxidos duplos** (também chamados de **“spinel” – alumínio e magnésio**, como cita a doutrina);

⁹ Kiessling, R. *apud* Chiaverini (2005).

¹⁰ GHOSH, A. Secondary Steelmaking: Principles and Applications. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press LLC, 2001. 322p. *apud* Moraes, L. Caracterização de macro-inclusões em aços acalmados ao alumínio produzidos por lingotamento contínuo. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Metalúrgica e de Materiais.

¹¹ Kiessling, R. *apud* Chiaverini (2005).



- **Silicatos:** também são **indeformáveis** à temperatura ambiente, mas adquirem elevada deformabilidade entre 800 e 1300°C;
- **Sulfeto de manganês:** altamente deformável até 1000°C, porém perde gradualmente tal característica em temperaturas superiores.

Antes de vermos outras **classificações dos aços** e fecharmos essa parte, é importante você conhecer, Coruja, as **principais técnicas** para se **diminuir os efeitos prejudiciais da inclusões não metálicas** são:

- **Tratamento a vácuo do aço na panela:** visa suavizar os níveis de **oxidação**;
- **Injeção na panela:** visa remover o enxofre, modificar inclusões endógenas e reduzir o volume total de inclusões;
- **Seleção de revestimentos refratários:** a escolha correta desses materiais podem reduzir as inclusões **exógenas**;
- **Prevenção:** nesse sentido, se evita **transferir as escórias do forno** e da panela às fases subsequentes no processo de fabricação do aço;
- **Projeto:** escolha adequada no desenvolvimento do projeto de painéis intermediárias, além do material do seu revestimento interno;

Antes de vermos as classificações dos aços, vejamos alguns elementos particulares e um resumo dos seus efeitos como elementos de liga nos aços¹². Normalmente, em uma cobrança mais simples, pode vir a cair dessa forma. Vejamos:

Elemento de Liga	Influência na Estrutura	Influência nas Propriedades	Aplicações	Tipos de Produtos
Níquel	Refina o grão. Diminui a velocidade de transformação na estrutura do aço	Aumento da resistência à tração. Alta ductilidade. Aumento na temperabilidade.	Aço para construção mecânica. Aço inoxidável Aço resistente a altas temperaturas	Peças para automóveis. Utensílios domésticos. Caixas para tratamento térmico

¹² Adaptada de Efeito dos Elementos de Liga nos Aços – Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná. 2017.



Manganês	Estabiliza os carbonetos. Ajuda a criar microestrutura dura por meio de têmpera. Diminui a velocidade de resfriamento	Aumento da resistência mecânica e temperabilidade da peça. Resistência ao choque.	Aço para construção mecânica	Peças para automóveis e peças para uso geral em engenharia mecânica
Cromo	Forma carbonetos. Acelera o crescimento dos grãos.	Aumento da resistência à corrosão e a oxidação. Aumento da resistência a altas temperaturas	Aços para construção mecânica. Aços-ferramenta. Aços inoxidáveis.	Produtos para indústria química. Talheres, válvulas e peças para fornos. Ferramentas de corte.
Molibdênio	Influência na estabilização do carboneto. Melhora a resistência corrosão por pites.	Alta dureza ao rubro. Aumento da resistência à tração. Aumento da temperabilidade.	Aços-ferramenta. Aços/Cr/Ni. Substituto do tungstênio em aços rápidos.	Ferramentas de corte.
Vanádio	Inibe o crescimento dos grãos. Forma carbonetos	Maior resistência mecânica. Maior tenacidade e temperabilidade. Resistência à fadiga e à abrasão.	Aços cromo-vanádio	Ferramentas de corte.
Tungstênio	Forma carbonetos muito duros.	Aumento da dureza. Aumento da resistência a altas temperaturas.	Aços rápidos. Aços ferramentas.	Ferramentas de corte.
Cobalto	Forma carbonetos (fracamente) Desloca a curva TTT para esquerda.	Aumento da dureza. Diminui temperabilidade. Aumento da resistência à tração. Resistência à corrosão e à erosão.	Aços rápidos. Elementos de liga em aços magnéticos.	Lâminas de turbina de motores a jato.
Silício	Auxilia na desoxidação. Auxilia na grafitação. Aumenta a fluidez.	Aumento da resistência à oxidação em temperaturas elevadas. Melhora da temperabilidade e da resistência à tração.	Aços com alto teor de carbono. Aços para fundição em areia.	Peças fundidas.





(Cesgranrio/Inspeção)

Todos os elementos de liga comumente utilizados nos aços aumentam a sua temperabilidade, EXCETO o

- a-) cobalto.
- b-) cromo.
- c-) manganês.
- d-) níquel.
- e-) silício.

Comentário:

Conforme vimos acima, Coruja, temos que o **único** elemento de liga que **não satisfaz** a condição mencionada no enunciado (**aumentar a temperabilidade do aço**) é o **cobalto**.

Perceba que todos os demais possuem, além de outras influências nas propriedades dos aços, o **aumento da temperabilidade** como impacto pela sua presença na liga, deslocando a curva TTT para a direita (ou seja, retardam a transformação da austenita em perlita ou bainita e propicia a transformação em martensita).

Gabarito: a.

Além de todos esses aspectos que vimos, Coruja, é interessante você ter na sua cabeça uma relação entre alguns elementos de liga quanto a influência na resistência ao calor (já foi alvo de cobrança, inclusive!). Dessa forma, memorize o seguinte:

- **Aço carbono (sem elementos de liga adicionais):** tem resistência em torno de **500°C** (a depender do autor, é indicado seu uso em serviços de 450 até 550°C);
- **Liga de zinco:** possui menor resistência ao calor (casa dos 400°C);
- **Liga de alumínio:** normalmente, fica em torno de 650°C a temperatura máxima de serviço;
- **Liga de chumbo:** menor valor de resistência ao calor, tendo como limite 330°C;
- **Liga de níquel:** maior valor de resistência ao calor, passando da casa dos 700°C (normalmente);



Perceba, Estrategista, que a **liga de chumbo é que menor** terá resistência ao calor e a de **níquel, maior resistência!** ;)

Outra informação que gostaria que você levasse é sobre as ligas de aço com **cromo** e **níquel**. De acordo com a doutrina¹³, guarde que as ligas de aços com esses elementos são as mais indicadas para serviços de **altas temperaturas**. E sempre, falou em resistência a **oxidação**, lembre-se do **cromo**!



Estrategista, você sabe me dizer como o **cromo** garante essa proteção à corrosão (oxidação) ao aço inoxidável? É justamente pela **passivação** (também chamado de **autopassivação**) do aço! Esse fenômeno consiste na formação de uma camada fina, impermeável e praticamente invisível em sua superfície constituída de **óxido de cromo** (Cr_2O_3). Esse óxido é formado naturalmente (passivamente) quando em contato com o oxigênio atmosférico e, assim, pelo seu caráter permanente e regenerativo, protege o aço inoxidável, tornando resistência à corrosão e a oxidação! ;)

Classificação dos aços

Estrategista, de maneira geral, classificar aços é uma tarefa complexa e difícil. Esse cenário decorre justamente pelo fato de termos **inúmeros** elementos de liga que podem compor os aços (aços-liga). Nesse sentido, a classificação que expliquei para você no começo da nossa aula se aplica de maneira assertiva e acertada para aços de até carbono até 1,0% (carbono médio, como cita a doutrina).

Percebe-se, assim, que as classificações dos aços-liga são mais complexas. Todavia, de acordo com a literatura específica¹⁴, teremos **3 grandes grupos** nos quais diferentes classificações serão agrupadas, de acordo com:

- **Composição química;**
- **Estrutura;**
- **Aplicação;**

¹³ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.

¹⁴ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



Composição química

Dentro desse grupo de classificação, Coruja, podemos citar **4 principais tipos de aços**:

- **Aços-carbono**: são os aços que possuem grandes teores de **carbono** e que possuem, eventualmente, elementos químicos **residuais** como manganês, silício, fósforo e enxofre em teores menores (dentro da normalidade);
- **Aços-liga de baixo teor em liga**: esses aços são aqueles que possuem um teor de elemento de liga **maior** que o anterior. Nesse sentido, normalmente, os teores ficam no intervalo de **3,0 a 3,5%** (de acordo com a doutrina citada). Além disso, é importante saber que esses teores **não são suficientes** para se alterar a natureza dos tratamentos térmicos que esses aços são submetidos e nem as microestruturas resultantes;
- **Aços-liga de alto teor em liga**: nessa classificação o teor é **maior** ainda que a anterior (no mínimo 10%). Dessa forma, em contrapartida, a microestrutura resultante é alterada, bem como o tratamento térmico resultantes;
- **Aços-liga de médio teor em liga**: nenhuma novidade nessa classificação, Coruja, sendo considerada pela doutrina como um subgrupo intermediário entre os dois anteriores que citei.



Coruja, atenção: perceba as particularidades e detalhes que destaquei para sua memorização de cada classificação. Além disso, atente-se para que, **apesar do nome**, os **aços-liga de baixo teor em liga** possuem **maior concentração** de elementos de liga que os **aços-carbono** (não vai confundir com o nome “baixo”, hein? E achar que tem menos). Se ligue, também, nos valores de teores dos aços-liga de baixo teor (3,0 a 3,5%) e de alto teor (mínimo de 10%), pois podem ser alvo de comparações na sua prova! Pegou o “bizu”?



Estrutura

A classificação de acordo com a estrutura, Coruja, totalizam **5 tipos** que vão relacionar a **microestrutura** do aço, conforme aponta a doutrina¹⁵:

- **Perlíticos:** são caracterizados por **não terem elementos de liga** ou, quando têm, terem **baixo teor (até 5%)**. Esses aços possuem boa usinabilidade e, normalmente, adquirem melhores propriedades mecânicas depois dos tratamentos térmicos de **têmpera** e **revenido**;
- **Austeníticos:** são aqueles que possuem microestrutura ainda austenítica na temperatura ambiente devido à presença de certos elementos de liga que vão **estabilizar** a fase da austenita, como o **níquel (Ni)**, **manganês (Mn)** ou **cobalto (Co)**. Dessa forma, grave que os **aços inoxidáveis, os não-magnéticos e os resistentes ao calor** podem fazer parte desse subgrupo;
- **Ferríticos:** como já vimos em aula passada, eles possuem **baixíssimo teor de carbono** e elevados teores de outros elementos como **cromo (Cr)**, **tungstênio (W)** e **silício (Si)**. Além disso, eles não costumam reagir ao tratamento de têmpera e quando recozidos podem apresentar pequenos teores de cementita (Fe_3C) na microestrutura ferrítica predominante. Também temos aqui os **aços inoxidáveis ferríticos**;
- **Martensíticos:** são caracterizados por terem teores de elementos de liga em percentuais **superiores a 5%**. Além disso, são **extremamente duros** (lembra da aula passada e o efeito do carbono no retículo cristalino nessa microestrutura, além das tensões geradas) e possuem **baixa usinabilidade**. Aqui, há, também, os **aços inoxidáveis martensíticos**;
- **Carbídicos:** são caracterizados por terem **teores consideráveis de carbono** e de **elementos** responsáveis pela formação de **carbonetos** como **cromo (Cr)**, **tungstênio (W)**, **manganês (Mn)**, **titânio (Ti)**, **nióbio (Nb)** e **zircônio (Zr)**. Nesse subgrupo, **são classificados os aços utilizados em ferramentas de corte e em matrizes**. Além disso, outra característica pertinente para sua prova é que possuem os carbonetos dispersos em sua matriz, podendo ser do tipo **sorbítico, martensítico ou austenítico**;



¹⁵ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



Coruja, a microestrutura **sorbítica** é atingida na faixa de temperatura de 400 a 600°C quando os carbonetos que ficam precipitados possuem uma geometria **esferoidal sobre um fundo de ferrita fina acicular**. Tranquilidade, Coruja! Saber isso é mais que suficiente!
;)

Aplicação

A última classificação de aços que podemos encontrar é relacionada com sua **aplicação** nos diferentes campos da engenharia. Nessa seara, teremos diversas classificações e abordarei algumas características de cada uma sem adentrar todos os detalhes (se não, ficaremos aqui até o dia da sua prova, rs). Vamos lá? De acordo com a literatura específica¹⁶, temos:

- **Aços para fundição:** nessa classificação, são incluídos os aços com **boa combinação de resistência, ductilidade e tenacidade**, além de **boa soldabilidade** e **boa usinabilidade**. A doutrina costuma citar, ainda, que vários tipos são provenientes de tratamentos térmicos de têmpera e revenido;
- **Aços estruturais:** são os aços encontrados com pequenos teores de elementos de liga, conciliando **boa ductilidade** e **soldabilidade**, além de relação de **limite de resistência à tração** e **limite de escoamento elevada**. Outras características também importantes são: **suscetibilidade de corte por chama, sem endurecimento**, bem com **resistência razoável à corrosão**. São também conhecidos como aços (HSLA – do inglês, *High Strength Low Alloy*);
- **Aços para trilhos:** são os aços que devem possuir boa resistência mecânica e boa resistência ao desgaste, muito por conta do serviço severo que são submetidos (choques e esforços de flexão alternados). Normalmente, são os aços ao carbono;
- **Aços para chapas:** são os aços que devem ter elevada **deformabilidade, boa soldabilidade**, por exemplo;
- **Aços para tubos:** dependendo da aplicação (fluidos que passará pelo tubo) podem ter elementos de liga em sua composição, mas a grande maioria é de aço carbono predominantemente. Além disso, uma característica dessa classificação é que os aços que compõem esse subgrupo também precisam ter **boa deformabilidade e boa soldabilidade** (imagine que os tubos podem ser unidos por soldas, também, além de terem que ser deformados para atingir o formato do tubo);

¹⁶ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



- **Aços para arames e fios:** são caracterizados por elevadas resistência à tração a fim de passar pelos processos de **trefilação**, por exemplo;
- **Aços para molas:** a principal característica desses aços é em relação ao seu elevado limite **elástico** (deformação não permanente quando submetido a esforços mecânicos e tensões relativas);
- **Aços de usinagem fácil:** possuem elevada **usinabilidade**, além de terem elevados teores de **enxofre** e **fósforo**! Além disso, podem ter também teores de **chumbo** a depender do aço.



Atenção a este último tipo de classificação, pela presença de **elementos não especificados** nas demais, hein, Coruja?

- **Aços para cementação:** lembra do tratamento termoquímico de cementação, Coruja? Na aula passada, vimos que ele visa **endurecer** a superfície da peça. Pois bem, esses aços específicos conciliam baixos teores de carbono e de elementos de liga, a fim de terem um núcleo tenaz e superfície endurecida depois da cementação e da têmpera (caso seja necessária);
- **Aços para nitretação:** nessa classificação, temos os aços carbono e com elementos de liga como o cromo, molibdênio e o alumínio;
- **Aços para ferramentas e matrizes:** principal característica que quero que você guarde é que são **extremamente duros**! Essa dureza é elevada à temperatura ambiente, mas pode ser alta, a depender do aço, em temperaturas mais elevadas. Podem possuir **alta capacidade de corte** e **alta capacidade de suportar deformação**, a depende do tipo de aço. Normalmente, são encontrados com alto teor de elemento de liga (tipos mais sofisticados), Coruja. Um exemplo são os “aços rápidos” que possuem alto teor de tungstênio, além de cromo e vanádio, podendo vir a ter molibdênio, cobalto e outros elementos de liga;
- **Aços resistentes ao desgaste:** principal tipo de aço encontrado é aquele rico em **manganês** (teores entre 10 e 14%) e carbono entre 1,0 e 1,4%;
- **Aços resistentes à corrosão:** esses são os famosos aços inoxidáveis. A principal característica é a presença significativa de **cromo** ou **cromo-níquel**;



- **Aços resistentes ao calor (refratários):** costumam manter a resistência e propriedades mecânicas em temperaturas elevadas (muito acima da ambiente) e são resistentes a oxidação pelo calor. Além disso, também é comum terem **cromo** e **cromo-níquel** em sua composição, bem como **silício, molibdênio, manganês, alumínio, fósforo, vanádio e nióbio**;
- **Aços para fins elétricos:** são aqueles utilizados na fabricação de motores elétricos, transformadores, por exemplo. Nesses aços, são encontrados teores de **silício, cobalto** e **níquel** em níveis altos;
- **Aços para fins magnéticos:** nessa classificação estão os **aços com alto teor de carbono, médio teor de cromo e, eventualmente,** podemos encontrar com **tungstênio** em teores elevados, **molibdênio** e **cobalto** (até 40%) – grave que o **cobalto** é o elemento que compõem os melhores tipos de aços para fins magnéticos, de acordo com a doutrina mencionada. Além disso, quando são **temperados**, eles possuem **imantação** permanente caracterizada pelo produto B.H máximo;



Coruja, o produto B.H representa a relação entre a **indução magnética (B)** e a **intensidade doampo magnético (H)**, também chamado de **força magnetizante**. Novamente, tranquilidade, Coruja! Sem “stress” quando isso! :)

- **Aços ultra-resistentes:** são os aços que possuem uma relação elevada entre resistência e peso. São, normalmente, desenvolvidos por tratamentos térmicos com diferentes elementos de liga, atingindo limites de escoamento elevados, superiores, em alguns casos a 1470 MPa. Um exemplo desse tipo de classificação é o **aço “maraging”**. Esse aço possui teor elevado de níquel (18% ou mais), além de cobalto, molibdênio, titânio e baixo carbono. Normalmente, o aplica-se o tratamento de endurecimento por precipitação que chega a atingir resistência à tração de cerca de 2745 MPa, conciliando com boa ductilidade;
- **Aços criogênicos:** tranquilidade, Estrategista, basta sabermos, por hora, que possuem resistência em baixas temperaturas;
- **Aços sinterizados:** provém da metalurgia do pó, incluindo o ferro praticamente isento de carbono, bem como aços comuns e especiais.

Estrategista, agora, veremos os principais efeitos dos elementos de liga na composição dos aços-liga, bem como algumas propriedades mecânicas por conta deles. Avante!



Aços-liga, elementos de liga e propriedades mecânicas

Coruja, conforme estudamos já em aula passada, sabemos que as propriedades mecânicas dos aços podem ser sensivelmente afetadas a depender de sua **composição química**.

Além disso, a gente sabe que os fatores e processos que alteram a **microestrutura** dos aços também são importantes na alteração de determinadas propriedades mecânicas.

Nessa seara, a doutrina citada na presente aula costuma apontar para as diferenças de efeitos que os **processos de fabricação do aço** (se trabalhado à quente ou a frio, por exemplo), **tamanho de grão** e **velocidade de resfriamento** causam na microestrutura.

Somado a esse cenário, a **composição química** irá impactar diretamente na microestrutura. A grosso modo, quando falamos em **aço carbono** e, admitindo nenhum elemento de liga em teores significativos, temos algumas propriedades conforme se aumenta o teor de carbono. Vimos que, por exemplo, em condições normais de resfriamento lento, ocorrendo 100% da transformação da austenita, quanto maior o teor de carbono, mais duro e mais resistente (ao limite de escoamento e ao limite à tração) ele se torna. Em contra partida, menos dúctil e tenaz ele também fica.

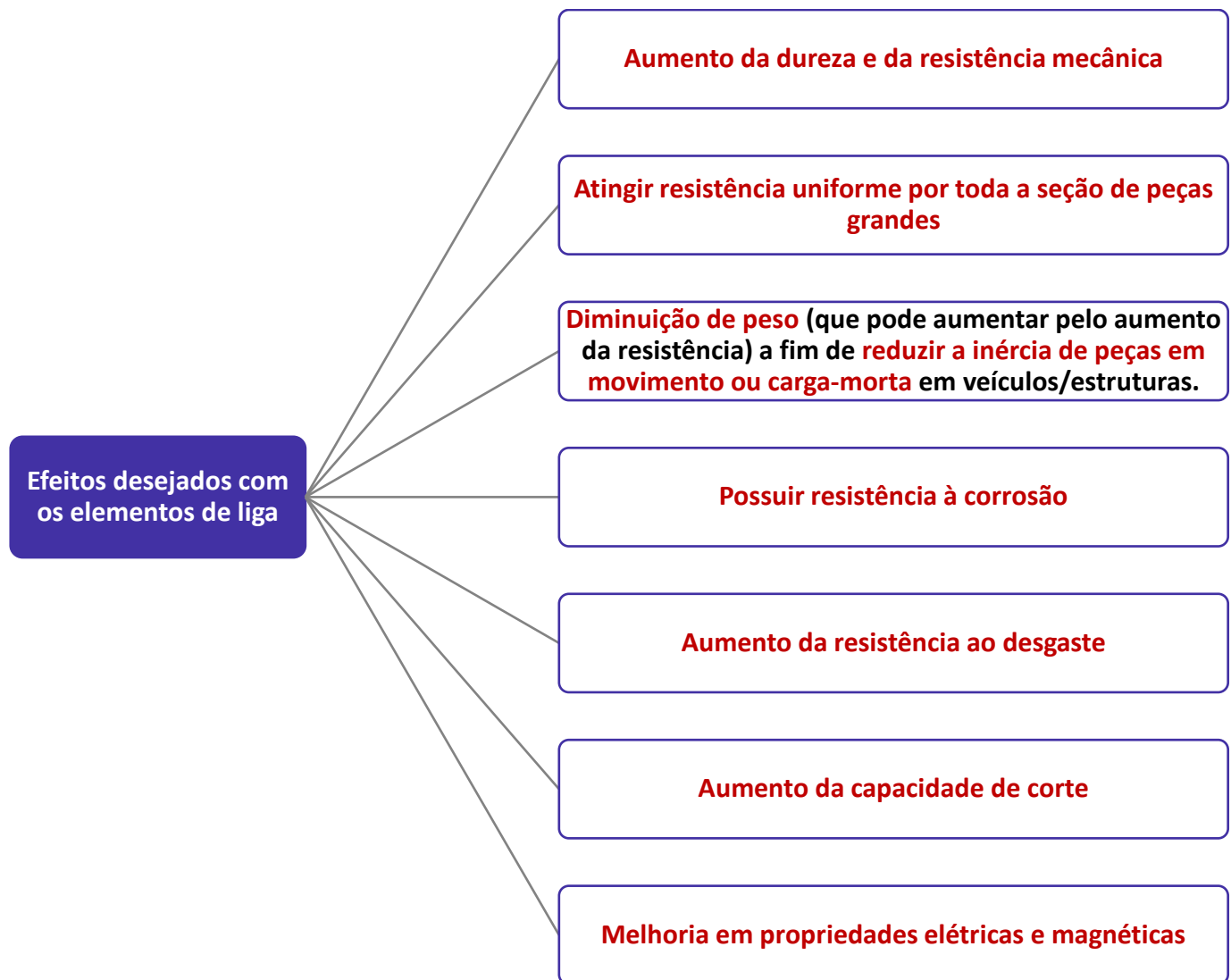
Dessa forma, percebemos que nem todas as aplicações de serviços em engenharia serão simples, exigindo certo equilíbrio entre as diferentes propriedades mecânicas para suas aplicações (que são mais complexas e dependentes de “n” variáveis, como clima, ambiente, esforços que geram tensões, etc).

É justamente sob esse raciocínio que surge a importância do estudo dos efeitos de certos elementos de liga que irão compor os aços-liga, pois os aços-carbono apresentam limitações quanto, por exemplo, à **corrosão, resistência ao calor, elétrica ou magnética e resistência ao desgaste**.

Nesse sentido, alguns **efeitos** são listados na literatura específica¹⁷ por conta da adição de elementos de liga (memorize o esquema a seguir, pois tem cheiro de prova):

¹⁷ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.





Sobre esses efeitos dos elementos de liga, saiba que os **três primeiros** são atingidos, normalmente, pela simples presença do elemento, aumentando a resistência na fase ferrítica, gerando outros carbonetos (compostos moleculares com a presença do carbono), além do carboneto principal ligado ao ferro (já visto anteriormente, Fe_3C , vulgo cementita).

Os demais efeitos (cinco últimos de cima para baixo do nosso esquema) são mais difíceis de serem atingidos (normalmente, precisa-se de **elementos raros e em grandes teores na composição da liga**).

Esses elementos, Coruja, possuem certa **tendência** em formar carbonetos quando se tem teores apreciáveis de carbono. Dessa forma, como cita a doutrina, temos uma tendência generalizada baseada em uma ordem de intensidade **crescente**: **Mn, Cr, W, Ta, V, Nb e Ti**.

manganês < cromo < molibdênio < tungstênio < tântalo < vanádio < nióbio < titânio.



Além disso, a doutrina aponta que os elementos químicos que possuem **menor** tendência que o **ferro** para se ligar ao carbono e formar carbonetos são: **Si, Al, Cu, Ni, Co e Zr**. Sugiro que memorize esses elementos e tenha uma ideia dos demais (como, por exemplo, saber que o manganês é o que possui menor intensidade dentre aqueles elementos):

Elementos que possuem menor tendência que o ferro para formar carbonetos

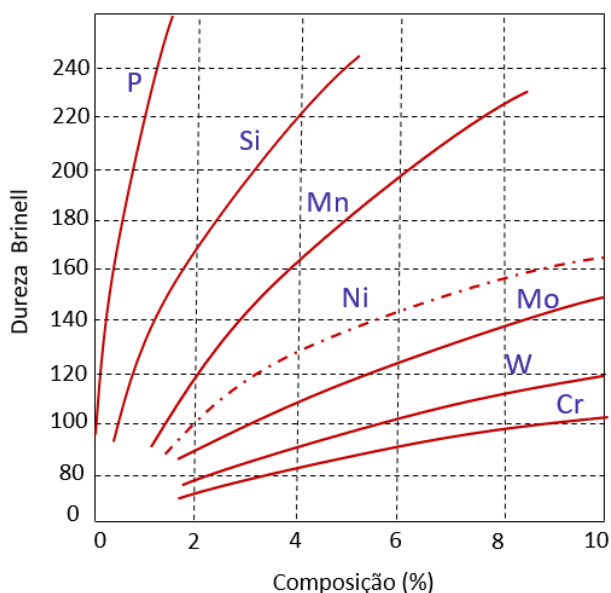
Silício, alumínio, cobre, cobalto e zircônio.

Veremos, agora, os principais efeitos divididos pela literatura específica do seu edital, Estrategista! Essa é uma parte “chatinha” com muita informação direta para se memorizar! Todavia, importante!

Efeitos dos elementos na ferrita (ferro α)

Estrategista, para sua prova, memorize: o principal efeitos de diferentes elementos de liga na ferrita (veremos eles no gráfico a seguir) é **aumentar a dureza!** Dessa forma, há um expressivo aumento da resistência mecânica na dureza do aço, antes de qualquer tratamento térmico.

Além disso, **não há grandes perdas na ductilidade** do material igual modificações estruturais, como aponta a literatura específica. Veja na figura abaixo os valores na escala de dureza Brinell (ensaio mecânico de dureza) para cada porcentagem de cada elemento.



18

¹⁸ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.





Se liga, Corujinha! Perceba que o **fósforo (P)** é o que impacta em maiores valores de dureza para menores teores dissolvidos na ferrita.

Efeitos dos elementos de liga em carbonetos

Os carbonetos formados (cementita, por exemplo) é um constituinte básicos dos aços. A depender da quantidade formada, da sua forma e finura da dispersão de suas partículas temos diferentes impactos nas propriedades dos aços.

Veja, Coruja, aqui estamos avaliando como os carbonetos impactam na propriedades dos aços que, normalmente, tornam eles muito duros e muito frágeis. Com a adição de elementos de liga, algumas propriedades especiais podem ser adquiridas pelos aços na formação de carbonetos com esses elementos.

Dessa forma, o primeiro ponto que quero que você memorize é que: as **propriedades mecânicas**, principalmente quanto à **tração**, pode-se inferir que as mudanças de composição molecular dos carbonetos pouco interesse irão apresentar em seu valores.

Outro ponto importante mencionado pela doutrina é que, com exceção do **manganês** (que possui tendência formadora de carbonetos sutilmente maior que a do ferro), daqueles elementos que vimos antes (**Mn, Cr, W, Ta, V, Nb e Ti**), só uma pequena parte é aceita pela cementita ou por cristais de Fe_3C e, consequentemente, uma pequena parte formará novos carbonetos com esses elementos, tais como: $(FeCr)_3C$, $(CrFe)_7C_3$, $(FeMo)_6C$, $(FeW)_6C$, $(VFe)_4C_3$, entre outros. (Estrategista, pelo amor, hein? Não precisa decorar essas fórmulas. Coloquei para que você tenha exemplos de carbonetos que serão formados com esses elementos).

Efeitos dos elementos de liga em inclusões não-metálicas

Coruja, lembra quando falamos das inclusões não-metálicas de **grande** e de **pequenas** dimensões? Como citei para você, associe sempre que as de **grandes dimensões** são **sempre indesejáveis**.

Já as **pequenas** podem ser tanto **benéficas quanto prejudiciais**. Chiaverini (2005) cita, inclusive, a inclusão formada por **nitreto de alumínio (AlN)** que possui como ponto positivo no aço o **controle no crescimento do grão na fase austenítica**.



Outro composto comumente citado pela doutrina é o **sulfeto de manganês** na forma de tiras alongadas e pequenas. A inclusão não-metálica formada por ele é um exemplo da melhora de **usinabilidade** nos aços recozidos.

Efeitos dos elementos de liga na forma de compostos intermetálicos

Estrategista, aqui eu quero que você memorize: falou em **compostos intermetálicos**, falou em **nitretos**!



Nesse sentido, conforme aponta a literatura específica¹⁹, os nitretos são os maiores exemplos na formação desse tipos de composto. Assim, por exemplo, o AlN (nitreto de alumínio, como vimos) formará partículas duras e finas que endurecerá o aço consideravelmente.

Efeitos dos elementos de liga na forma de partículas metálicas dispersas

Coruja, nesse subtópico, quando falamos em efeitos dos elementos de liga como partículas metálicas dispersas, tem que vir na sua mente **dois elementos**: o **cobre** e o **chumbo**! A doutrina específica deixa claro para sua prova esses dois elementos. Por isso, para sua prova:



Nesse ponto, o que é importante você saber sobre o **cobre** é que, apesar de ele ser solúvel no ferro gama (ferro γ – famosa **austenita**), em temperaturas altas, como em torno de 800°C, ele também se dissolve no ferro alfa (ferro α - famosa **ferrita**) em teores de cerca de 2%, ao passo que, em temperaturas em torno de 600°C a solubilidade começa a ficar abaixo dos 0,3%.

Dessa forma, a porcentagem de cobre que antes era dissolvido em temperaturas mais elevadas, fica rejeitado na sua forma pura, proporcionando o endurecimento por precipitação.

¹⁹ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



Quanto ao chumbo, Coruja, a literatura específica já citada, menciona que em teores de cerca de 0,25%, ele tem como efeito aumentar a usinabilidade do aço o que ocasiona, em processos de usinagem, aqueles cavacos mais alongados na remoção do material.

Efeitos dos elementos de liga na formação da austenita (e transformação)

Estrategista, até o momento, vimos os efeitos que os elementos de liga providenciam em aços não-endurecidos quanto às características mecânicas, podendo ser aqueles que sofreram o processo de recozimento ou normalização.

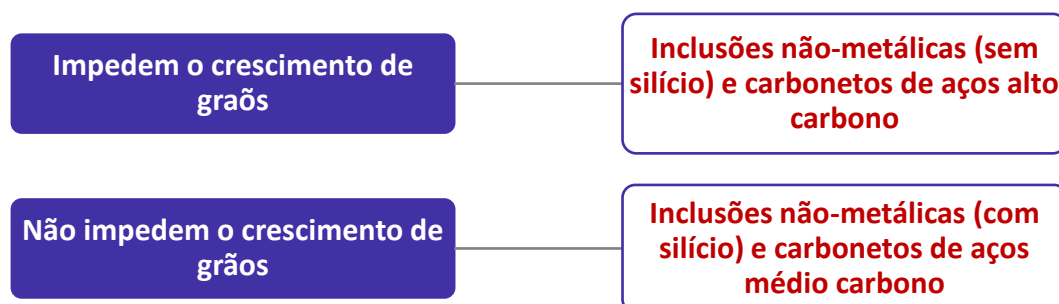
Agora, veremos os efeitos desse elementos na formação da **austenita** e em suas transformações, como na formação da **martensita**.

A primeira informação pertinente para sua prova é que, quando o aço é aquecido até o campo austenítico, os **elementos de liga passam a ser retidos na solução** (que antes estavam dissolvidos na fase ferrítica - claro, os arranjos dos átomos nas células unitárias são diferentes).

Além disso, a doutrina cita que a principal influência será sobre o **tamanho dos grãos**, pois os elementos, normalmente, **elevam a temperatura de crescimento do grão** (mesmo que ligeiramente). Isso pode ocasionar situação em que os **grãos crescerão menos**. Esse efeito (de crescimento menor dos grãos) é evidenciado de maneira mais agressiva na **inclusões não-metálicas** formadas e que não se dissolvem na **austenita**, como, por exemplo, o já mencionado **nitreto de alumínio**.

Todavia, nem todas as **inclusões não-metálicas** geram esse efeito. Aquelas com alto teor de **silício** já atuam de maneira diferente, pois se dissolvem em parte na austenita.

Outro ponto que você deve guardar, Coruja, é que os **carbonetos** formados também vão impactar no crescimento dos grãos. Quando em aços de **médio carbono**, eles vão se dissolver 100% na **austenita**, impactando menos que os carbonetos dos aços **alto carbono**, pois parte não será dissolvida e irá impedir o crescimento de grão. Assim, temos:



Os demais elementos citados pela literatura específica²⁰, Coruja, como cromo, molibdênio, silício, tungstênio e titânio **restringem a fase austenítica** do aço, a depender, cada qual de uma concentração específica (não cabe memorizar essas concentrações para cada elemento, Coruja – custo benefício irrisório!).

A exceção está no **manganês, cobalto e níquel** que irão abaixar a temperatura do ponto eutetoide (lembra dele da aula passada? Ponto de equilíbrio entre as fases ferrítica e austenítica com 0,77%, aproximadamente, de teor de carbono) e, com isso, **aumentar o campo austenítico desse aço**.

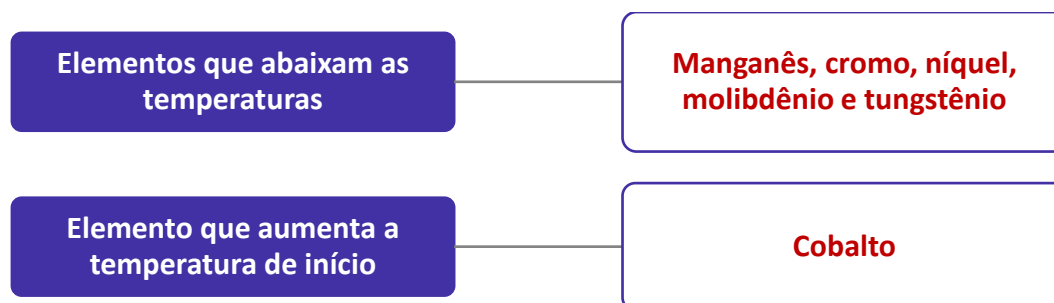
Efeitos dos elementos de liga na martensita

Coruja, nessa seara, teremos diferentes elementos de liga com diferenças influências a depender do seu teor. Todavia, de começo quero que você memorize que, basicamente, teremos **dois** efeitos principais em relação a microestrutura martensítica:

- Efeitos nas **temperaturas de início e fim** de formação da martensita;
- Efeitos na **dureza** da martensita formada.

Em relação as temperaturas de início e fim, é importante você saber que o **manganês** irá **abaixar** essas temperaturas (início e fim – Mi e Mf, respectivamente. Vimos na aula passada essas temperaturas nas curvas TTT, lembra?). Assim, de acordo com a doutrina específica, ele evita a formação total, já que as temperaturas para a formação total podem ficar menores que a ambiente a depender do teor desse elemento na liga.

Na mesma linha de raciocínio, Estrategista, temos o **cromo, níquel, molibdênio e tungstênio**. Por outro lado, melhorando a **temperabilidade** (no tratamento de têmpera, consiste na facilidade em se obter a estrutura martensítica). Por outro lado, o **cobalto** é um exemplo de um elemento que **aumenta a temperatura de início** de formação da martensita. Dessa forma, temos o seguinte esquema para sua prova:



Quanto aos efeitos na **dureza** da martensita (lembre-se que essa microestrutura tem como característica ser dura e frágil, certo?) quero que você tatue na mente que os elementos de liga, **de uma**

²⁰ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



maneira geral, proporcionarão um **efeito endurecedor** nessa microestrutura. Conforme a doutrina especializada²¹, esse aumento de dureza foram evidenciados em aços com 0,02% de carbono, por exemplo.



Apesar desses elementos de liga terem como característica geral o aumento de dureza como efeito na martensita, lembre-se sempre: o principal elemento influenciador nas propriedades da microestrutura martensítica é o **carbono**.

Efeitos dos elementos de liga no revenido

Coruja, um dos principais efeitos que você precisa levar para sua prova é que os elementos de liga podem causar o **endurecimento secundário** (também chamado de **dureza secundária**) que pode acontecer no tratamento térmico de revenido.

Lembre-se que quando falamos dos tratamentos térmicos na aula passada, expliquei para você que depois da têmpera, o revenido visa eliminar o carbono que ficou retido, gerando tensões internas (o que pode gerar problemas no aço do produto final) que geraram certa fragilidade no material.

Durante o tratamento de revenido, normalmente, a depender da faixa de temperatura do tratamento e da composição do aço, um aumento na **dureza** pode ser percebido. Essa é a chamada **dureza secundária**. Estrategista, essa dureza secundária pode ser associada a austenita retida (residual), proveniente do resfriamento brusco da têmpera, que se decompõe durante o tratamento de revenido, aumentando a dureza.

Todavia, além disso, os **elementos de liga também podem aumentar a dureza** por conta da precipitação de uma dispersão muito fina de carbonetos formados por esses elementos. A doutrina²² cita que a precipitação ocorre normalmente na faixa de 450 e 650°C com os seguintes carbonetos: **W₂C, Mo₂C e VC**. Por isso, memorize:

Elementos que geram a dureza secundária no revenido

Tungstênio, molibdênio e vanádio na forma de carbonetos

²¹ United States Steel Corp. *apud* Chiaverini (2005).

²² Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



Estrategista, por fim, eu compilei os dados de cada elemento de liga, de maneira resumida e adaptada com as informações que acho pertinentes, em uma tabela proveniente da literatura específica²³. Acredito que seja interessante você ter uma noção dos efeitos de cada elemento:

Elementos de liga	Principais funções nos aços
Al (alumínio)	Desoxidante eficiente / Restringe o crescimento de grão por conta da formação de óxidos ou nitretos dispersos / Elemento de liga em aços para nitretação
Cr (cromo)	Aumenta a resistência a corrosão e a oxidação / Aumenta a endurecibilidade / Melhora a resistência a elevadas temperaturas
Co (cobalto)	Influencia na dureza, aumenta-a no endurecimento da ferrita . Todavia , desloca a curva TTT para a esquerda , impactando na transformação martensítica (temperabilidade do aço).
Mn (manganês)	Compensa a fragilidade devida ao enxofre (S) / Aumenta a endurecibilidade
Mo (molibdênio)	Eleva a temperatura de crescimento de grão da austenita / Produz maior profundidade de endurecimento / Compensa a tendência à fragilidade de revenido / Aumenta a dureza a quente, a resistência a quente e a fluência / Melhora a resistência à corrosão dos aços inoxidáveis / Forma partículas resistentes à abrasão
Ni (níquel)	Aumenta a resistência de aços recozidos / Aumenta a tenacidade de aços ferríticos-perlíticos / Estabiliza a fase austenítica em aços com alto teor de cromo
P (fósforo)	Aumenta a resistência de aços de baixo C / Aumenta a resistência a corrosão, também / Aumenta a usinabilidade em aços de usinag
Si (silício)	Desoxidante, também / Principal elemento de liga para chapas elétricas e magnéticas / Aumenta a resistência à oxidação / Aumenta a endurecibilidade de aços contendo elementos não grafitizantes / Aumenta a resistência de aços de baixo teor em liga
Ti (titânio)	Reduz a dureza martensítica e a endurecibilidade em aços com teores médios de cromo / Impede a formação de austenita em aços de alto cromo
W (tungstênio)	Aumenta a resistência ao desgaste em aços-ferramenta e em altas temperaturas

²³ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



V (vanádio)

Eleva a temperatura de crescimento de grão da austenita, promovendo o refino do grão / Aumenta a endurecibilidade se estiver dissolvido no aço / Resiste ao revenido e promove o endurecimento secundário

Coruja, a fim de fecharmos essa parte da aula e partirmos para a próxima, vamos ver um resumo sobre os efeitos de cada elemento. Assim, **de maneira geral**, podemos dizer que os elementos de liga visam:

- Aumentar a temperabilidade;
- Diminuir os riscos de empenamento e fissuração;
- Aumentar a dureza e resistência mecânica da ferrita;
- Aumentar a resistência a corrosão;
- Aumentar a resistência ao desgaste;
- Modificar as propriedades elétricas e magnéticas;

Estrategista, sobre essa parte que vimos do seu edital, acredito que as questões não entrarão tanto nas especificidades e detalhes de cada elemento químico. Todavia, eu abordei esses assuntos para termos um estudo completo. Por isso, não acredito que seja o caso de se preocupar em memorizar cada particularidade de cada elemento da tabela.

Aços – principais aplicações

Agora, veremos as principais **aplicações** em tabelas de cada tipo de aço, elencados pela doutrina majoritária²⁴. Sugiro que, por ser um conhecimento de pura decoreba, você releia de tempos em tempos, a fim de ir se familiarizando, Coruja. Todavia, aqueles mais específicos eu darei aquele *highlight* “supimpa” para você anotar no seu *post-it* “maroto” (ok, tio, agora volta pro século XI! Rs).

• Aços-carbono comuns e baixo teor de carbono

Número AISI/SAE - ABNT	Aplicações
1010	Painéis de automóveis, pregos e arames
1020	Tubos; aço estrutural e chapas
A36	Estrutural (pontes e edificações)
A516 Classe 70	Vasos de pressão para baixas temperaturas

²⁴ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005 e Callister, W.D. Jr; Rethwish, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.



- Aços de alta resistência e baixa liga**

Número AISI/SAE - ABNT	Aplicações
A440	Estruturas que são aparafusadas ou rebitas
A633 Classe E	Estruturas usadas em baixas temperaturas
A656 Classe 1	Chassis de caminhões e vagões de trem

- Aços-carbono de médio teor de carbono**

Número AISI/SAE - ABNT	Aplicações
1040	Virabrequins, parafusos
1080	Talhadeiras, martelos
1095	Facas, lâminas de serras

- Aços-liga temperados e revenidos**

Número AISI/SAE - ABNT	Aplicações
4063	Molas, ferramentas manuais
4340	Buchas, tubulações em aeronaves
6150	Eixos, pistões, engrenagens

- Aços-liga de alto teor de carbono**

Número AISI/SAE - ABNT	Aplicações
M1	Brocas, serras; ferramentas de torno e plaina
A2	Punções, matrizes para gravação em relevo
D2	Cutelaria, matrizes de trefilação
O1	Lâminas de tesouras, ferramentas de corte
S1	Corta-tubos, brocas para concreto
W1	Ferramentas de ferreiro, ferramentas de marcenaria



- Aços inoxidáveis**

Número AISI/SAE - ABNT	Aplicações
409 (Ferrítico)	Componentes de exaustão automotivos, tanques para pulverizadores agrícolas
446 (Ferrítico)	Válvulas (para lata temperatura), moldes para vidro, câmaras de combustão
304 (Austenítico)	Equipamentos para processamentos químicos e de alimentos, vasos criogênicos
316 L (Austenítico)	Construções com solda, Equipamentos de refinaria, Dispositivos médicos, Ambientes marinhos
410 (Martensítico)	Canos de rifles, cutelaria, peças de motores de jatos
440 A (Martensítico)	Cutelaria, mancais, instrumentos cirúrgicos
17-7PH	Molas, facas, vasos de pressão



LIGAS NÃO FERROSAS

Estrategista, nessa parte breve da aula, veremos os tópicos inerentes a **composição** e **aplicação** das principais ligas não-ferrosas cobradas em concursos: as ligas de **cobre**, **alumínio**, **magnésio** e **titânio**.

Bronze: composição e aplicação

Coruja, a primeira coisa que você precisa saber sobre a famigerada liga **metálica** do tipo **não-ferrosa** (isso porque não há o elemento **ferro** em sua composição) é que sua base é de **cobre**. Dessa forma, conforme mencionei no começo da nossa aula, lembre-se: falou em **bronze**, falou em uma **liga metálica não-ferrosa** de **cobre (Cu)** e **estanho (Sn)**.

Da mesma lógica, quando falamos de **latão**, temos uma **liga metálica não-ferrosa** de **cobre (Cu)** e **zinco (Zn)**.

Composição do bronze

Primeiramente, Estrategista, quando falamos na **composição** dessa liga, devemos saber e ter em mente que existem diferentes **teores** de **estanho** (**soluto**, nessa liga – lembra de quando falamos em solubilidade e solução?) no **cobre** (nesse caso, **solvente**).

Dessa forma, **não** teremos apenas uma composição de **bronze** e, sim, **diferentes** teores de **estanho** na liga (assim como vimos nas ligas ferrosas de ferro e carbono – os diferentes tipos de aços).



Portanto, atenção! Conforme aponta a doutrina, saiba que os bronzes comerciais variam **desde 2 a 10% de estanho**! Além disso, em **bronzes para fundição** esse teor pode chegar a **11%** (memorize esses números – tem “cheiro” de prova)!



Bom, dessa forma, no âmbito das ligas de **bronze** (**cobre** e **estanho** – vou repetir muito para você não confundir nunca com a liga de latão) temos a seguinte tabela²⁵ para sua prova que elenca algumas propriedades mecânicas para cada **composição** de **estanho**:

N. ASTM	Designação	Sigla	Composição (%)	Propriedades mecânicas			
				Limite de Resistência à Tração (kgf/mm²)	Limite de Escoamento (kgf/mm²)	Alongamento (%)	Dureza Brinell
505	Cobre-estanho (98-2)	CuSn2	Sn-1,0/2,5 P-0,02/0,30 Cu-restante	28-65	11-50	45-2	60-150
511	Cobre-estanho (96-4)	CuSn4	Sn-3,0/4,5 P-0,02/0,40 Cu-restante	33-90	13-58	50-2	70-195
510	Cobre-estanho (95-5)	CuSn5	Sn-4,4/5,5 P-0,02/0,40 Cu-restante	35-95	13-62	55-2	75-205
519	Cobre-estanho (94-6)	CuSn6	Sn-5,5/7,5 P-0,02/0,40 Cu-restante	37-100	15-76	60-2	80-225
521	Cobre-estanho (92-8)	CuSn8	Sn-7,5/9,0 P-0,02/0,40 Cu-restante	42-105	17-82	65-2	85-240
524	Cobre-estanho (90-10)	CuSn10	Sn-9,0/11,0 P-0,02/0,40 Cu-restante	44-100	19-85	65-3	95-245

Estrategista, ao meu ver, o custo-benefício de decorar essa tabela é muito baixo. Todavia, algumas relações você deve ter em mente. Perceba que temos somente **duas faixas** de teores de **fósforo** (**0,2 a 0,3 e 0,2 a 0,4%** - marquei em **vermelho** na tabela). O **fósforo**, Coruja, tem como função agir como **desoxidante**, gerando os famosos **bronzes fosforosos**.

Além disso, veja que à medida que o teor de **estanho aumenta**, também **aumenta a dureza** e **as propriedades relacionadas com a resistência mecânica** (como a **resiliência** e a **resistência à tração**) sem quase alteração na **ductilidade** (expressada pelos valores próximos em % do alongamento).

²⁵ Adaptado de Chiaverini, V. Tecnologia Mecânica: processos de fabricação e tratamento. Editora: Makron Books do Brasil Ltda, 2ª edição, vol: I, II, III. São Paulo, 1986.



Outra informação pertinente para sua prova é que normalmente, em teores **usuais** e dependendo da temperatura de **resfriamento**, a estrutura do **bronze** apresenta somente uma **única fase** (alfa) que é a solução **sólida** de **estanho no cobre**.

Por fim, antes de vermos as principais aplicações do **bronze**, saiba que é comum também adicionar **chumbo** a fim de melhorar **propriedades lubrificantes** (antifricção) e **usinabilidade** e **zinco** com o intuito de atuar como **desoxidante de peças fundidas** e **melhorar** a **resistência mecânica**. Pegou os “bizus”, Coruja? Vamos às aplicações! Foco e força, Coruja! Avante!

Aplicações do bronze

Coruja, naturalmente, os **bronzes** possuem uma **alta resistência à corrosão**, possibilitando que essa liga seja aplicada em um vasto campo de emprego. Todavia, de acordo com a literatura específica²⁶, temos algumas aplicações específica para cada tipo elencado na tabela anterior. Veja:

- **Tipo 98-2 (505)**: empregado em **contatos**, **componentes de aparelhos de telecomunicação**, **molos condutoras**, **parafusos com cabeça recalcada a frio**, **tubos flexíveis**, **rebites**, **varetas de soldagem**, muito por conta da sua **boa condutibilidade elétrica** e **melhor resistência mecânica** que o **cobre puro**;
- **Tipo 96-4 (511)**: empregado em construção elétrica e em arquitetura como **molos** e **componentes de interruptores**, **chaves**, **contatos** e **tomadas**. Além disso, na **construção mecânica** como **molos**, **diafragmas**, **parafusos com cabeça recalcada a frio**, **rebites**, **porcas**, entre outros;
- **Tipo 95-5 (510)**: empregado em **tubos** para **águas ácidas de mineração**, além de componentes para **indústria têxtil**, **química** e de **papel**. Também é utilizado para **molos**, **diafragmas**, **parafusos**, **porcas**, **rebites**, **varetas** e **eletrodos de soldagem**, entre outros (perceba aqui, Coruja, o detalhe para as águas ácidas de mineração, “tchierto?”);
- **Tipo 94-6 (519)**: **mesmas condições anteriores**, mas em **condições mais críticas** pela sua **maior resistência à fadiga** e ao **desgaste**. Também empregado para formas de chapas, barras, fios e tubos;

²⁶ Chiaverini, V. Tecnologia Mecânica: processos de fabricação e tratamento. Editora: Makron Books do Brasil Ltda, 2ª edição, vol: I, II, III. São Paulo, 1986.



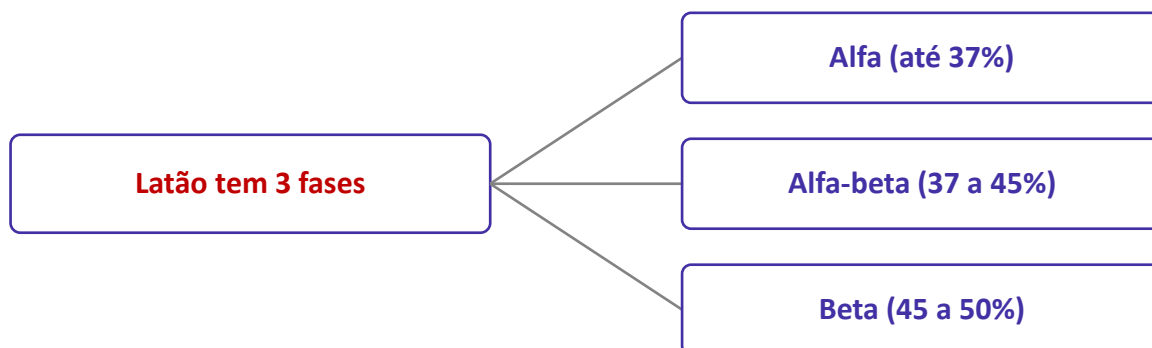
- **Tipo 92-8 (521):** mesmas condições que as anteriores, com melhor resistência à fadiga e desgaste (perceba como vai melhorando a resistência com o aumento do estanho). Além disso, esse tipo (memorize) é muito empregado para **discos antifricção!**
- **Tipo 90-10 (524):** nesse tipo, o que você precisa saber é que pode ser empregada para os demais e que é o **mais utilizado**, muito por conta da **melhores propriedades mecânicas** que possuem! Por isso, inclusive, é utilizado para **molas** de serviços pesados, por exemplo.

Composição do latão

Novamente, Coruja, seguindo a mesma lógica, temos diferentes teores, no caso do **latão**, de **zinco** no **cobre**. Assim, memorize que o **latão** é uma **liga metálica não ferrosa** de **cobre (Cu)** e **zinco (Zn)**.

Primeira característica a ser notada é que o **latão** constitui (assim como o **bronze**) exemplo de **liga de cobre de alto teor em liga**. Além disso, saiba que teremos um intervalo grande de **teores** de **zinco** na base da liga de cobre, variando de **5 a 50%**.

No caso dos **latões**, teremos **3 fases distintas**, cujas denominações podem ser alvo de cobrança: são as fases **alfa** (até **37%** de zinco); **alfa-beta** (entre **37** e **45%** de zinco) e **beta** (entre **45** e **50%** de zinco). Por isso, memorize!



Outra informação pertinente é que o latão alfa possui **célula unitária** com o arranjo **Cúbica de Face Centrada (CFC)**, ao passo que os latões **alfa-beta** e **beta** possuem o arranjo em **Cúbica de Corpo Centrado (CCC)**.

Veremos na página seguinte, os tipos de latões conforme o teor de zinco. Ainda, saiba que conforme se **umenta o teor de zinco**, ocorre a **diminuição da resistência à corrosão em certos meios agressivos**. Esse fenômeno de perda de resistência à corrosão recebe o nome de **dezinfecção**, pela doutrina, por conta da corrosão preferencial do próprio zinco.



Como vimos para o bronze, colocarei a tabela²⁷ principal com os tipos de latões mais comuns e suas respectivas aplicações. Depois, veremos as aplicações gerais dos **latões especiais** e os de **fundição**.

N. ASTM	Designação	Sigla	Composição (%)	Propriedades mecânicas			
				Limite de Resistência à Tração (kgf/mm²)	Limite de Escoamento (kgf/mm²)	Alongamento (%)	Dureza Brinell
210	Cobre-zinco (95-5)	CuZn5	Cu-94,0/96,0 Zn – restante	27-55	10-38	45-3	65-120
220	Cobre-zinco (90-10)	CuZn10	Cu-89,0/91,0 Zn – restante	27-57	9-42	50-4	55-125
230	Cobre-zinco (85-15)	CuZn15	Cu-84,0/86,0 Zn – restante	31-60	10-42	50-4	60-135
240	Cobre-zinco (80-20)	CuZn20	Cu-78,5/81,5 Zn – restante	31-64	12-48	52-3	65-155
260	Cobre-zinco (70-30)	CuZn30	Cu-68,5/71,5 Zn – restante	33-85	12-54	62-3	65-160
268 e 270	Cobre-zinco (67-33)	CuZn33	Cu-65,5/68,5 Zn – restante	34-86	13-55	60-3	65-165
272 e 274	Cobre-zinco (63-37)	CuZn37	Cu-62,0/65,5 Zn – restante	34-86	13-55	56-5	65-165
280	Cobre-zinco (60-40)	CuZn40	Cu-59,0/62,0 Zn – restante	38-60	16-45	40-4	85-145

Da mesma forma que vimos no caso dos bronzes, Coruja, veremos as aplicações de cada tipo de **latão** elencado na tabela acima (não tente decorar os valores das propriedades mecânicas, mas saiba as siglas de acordo com a composição de zinco). Avante!

Aplicações do latão

Conforme aponta a doutrina, temos os seguinte tipos de latões de acordo com as faixas de teores de zinco na liga:

- **Tipo 95-5 (210):** por conta da sua **alta conformabilidade a frio**, costuma-se utilizá-lo para **cartuchos de armas**. Além disso, por conta da sua **cor dourada**, é utilizado em **medalhas** e objetos decorativos feitos em **cunhagem** (processo de fabricação), como **emblemas, placas**, entre outros;

²⁷ Adaptado de Chiaverini, V. Tecnologia Mecânica: processos de fabricação e tratamento. Editora: Makron Books do Brasil Ltda, 2ª edição, vol: I, II, III. São Paulo, 1986.



- **Tipo 90-10 (220):** esse tipo é muito utilizado na confecção de **ferragens, condutos, peças e objetos ornamentais e decorativos** (da mesma forma que o tipo anterior);
- **Tipo 85-15 (230):** esse tipo, também denominado de **latão vermelho**, tem característica e aplicação semelhante ao tipo anterior (sem novidade, Coruja!);
- **Tipo 80-20 (240):** também chamado de **latão comum**, (também, Estrategista, mesma aplicação que os dois tipos anteriores);
- **Tipo 70-30 (260):** esse aqui também é denominado de **latão para cartuchos**, pois possui boa combinação entre resistência mecânica e **alta ductilidade**. Por esse perfil, é amplamente usada em processos de **estampagem**. Possui aplicação em **cartuchos de armas, tubos e suportes de tubos de radiadores de automóveis, carcaças de extintores de incêndio, pinos, parafusos e rebites, tubos para permutadores (trocadores) de calor, evaporadores, aquecedores e cápsulas e roscas para lâmpadas** (ufa! Coisa para caramba esse tipo, hein? Atenção, pois é empregado para várias coisas! Excelente alvo para sua prova!);
- **Tipo 67-33 (268 e 272):** mesma aplicações do anterior, Coruja, com leve decréscimo na ductilidade;
- **Tipo 63-37 (272 e 274):** utilizado em peças por estampagem leve como para **componentes de lâmpadas e chaves elétricas, recipientes diversos para instrumentos, rebites, pinos, parafusos, componentes para radiadores**, entre outros;
- **Tipo 60-40 (280):** esse tipo também recebe o nome de **metal Muntz**. Esse tipo é muito utilizado na deformação a quente, sendo empregado na forma de placas, barras e perfis diversos. Além disso, na indústria mecânica, é utilizado na forma de componentes **forjados** e na indústria química e naval em **tubos de condensadores e permutadores de calor**.



Coruja, algumas **dicas** para você estabelecer alguns padrões e facilitar sua vida para prova:

1-) Os números das casas decimais do código ASTM é o **dobro** do teor de zinco (230, por exemplo, tem cerca de 15% de zinco na liga). Além disso, memorize que não temos o código 250;



- 2-) Perceba que até o tipo 240 temos algumas aplicações comuns a ambos, mas tenha atenção para os *highlights* em **vermelho** que marquei;
- 3-) Atenção para o último tipo (280): além do teor de zinco (40%, o inverso da lógica da dica 1), ele tem uma outra denominação nova - metal Muntz!

Latões especiais e latões para fundição

Estrategista, passaremos pelos principais pontos desses dois tipos de latões e veremos o que realmente importa (as tabelas que nem os comuns só tomarão seu tempo).

Latões especiais

Primeira coisa que você precisa levar para sua prova, Coruja, é que esses latões contêm **chumbo (Pb)** como elemento de liga! Dessa forma, possuem **alta usinabilidade**, tendo **aplicações** em **componentes elétricos e mecânicos**, como **parafusos, componentes rosqueados, rebites, porcas, terminais de baterias elétricas e velas de ignição, buchas, mancais** que exigem usinagem mais fácil e econômica.

Além disso, existem dois tipos que **não** possuem **chumbo**. Um deles, tem **alumínio** como elemento de liga (CuZn28Al2 - zinco em 28% e alumínio em 2%) e pouquíssimo teor de **arsênio (As)** em teor máximo de 0,06%. Por conta dessa composição, esse tipo possui melhor resistência à **corrosão** graças ao alumínio e ao arsênio (o arsênio diminui a **dezinfecção** que vimos antes, inclusive). Esse tipo de latão é muito empregado na forma de **tubos** para **condensadores** e **permutadores (trocadores) de calor**.

O segundo tipo, Coruja, tem **estanho (Sn)** na liga em teores até 1,3% (CuZn28Sn1). Esse latão também terá **boa resistência à corrosão** só que em **água doce** ou **salgada** (grave essa característica!). É muito empregado na forma de **tubos** para **permutadores (trocadores) de calor, condensadores, peças forjadas e usinadas** em equipamento de **refino de petróleo, construção naval**, entre outras.

Latões para fundição

Aqui, temos basicamente 2 tipos de latões: os que contêm **estanho** e **chumbo** na sua liga e os que contêm, **ferro, alumínio e manganês**.

Os latões do primeiro tipo possuem **maior resistência à corrosão**, por conta do **estanho**. Além disso, também possuem **maior usinabilidade**, devido ao **chumbo**! Por conta disso, Estrategista, temos as seguintes **aplicações: acessórios em geral, válvulas de baixa pressão, registros diversos, componentes de radiadores, flanges, conexões, caixas de bombas de água**, entre outros.



Já os latões do segundo tipo, por conta dos elementos citados, possuem **alta resistência mecânica** e, por isso, tem como **aplicações** peças que essa característica é demanda. Podemos citar como exemplo: **hastes de válvulas, engrenagens, hélices e peças em contato com água do mar.**



Coruja, atenção para os highlights que fiz em vermelho nessas aplicações, hein? Elas distinguem cada tipo!

Outros tipos que é bom sabermos que existem eu coloquei nas seguintes tabelas a seguir. Veja a primeira que elenca os **bronzes para fundição**:

Denominação	Composição de elemento de liga (%)	Aplicações
Liga cobre-estanho 89-11 fósforo	0,10 a 0,30 fósforo	Engrenagens para diversos fins.
Liga cobre-estanho 88-10 zinco 2	1,0 a 3,0 de zinco e 1,0 (máx.) de chumbo	Conexões de tubos grandes, engrenagens, parafusos, válvulas e flanges.
Liga cobre-estanho 86-6 zinco 4,5 chumbo 1,5	3,0 a 5,0 de zinco e 1,0 a 2,0% de chumbo	Válvulas para temperaturas até 290°C, bombas de óleo e engrenagens.
Liga cobre-estanho 87-11 chumbo 1 níquel 1	1,0 a 1,5 de chumbo e 0,5 a 1,0 de níquel	Buchas e engrenagens para diversos fins.

Qual a “aplicação chefe” desses **bronzes para fundição**, Coruja? **Engrenagem!** “Pegou o bizu”, para sua prova?

Vejamos a segunda tabela com os tipos de **bronze para mancais**:

Denominação	Composição de cada elemento (%)	Aplicações
Liga cobre-estanho 85-5 chumbo 9 zinco 1	83,0 a 86,0 de cobre – 4,0 a 6,0 de estanho – 2,0 (máx.) de zinco – 8,0 a 10 de chumbo	Mancais e buchas pequenas.



Liga cobre-estanho 80-10 chumbo 10	78,0 a 80,0 de cobre – 2,0 a 8,0 de estanho – 1,0% (máx.) de zinco – 13,0 a 16,0 de chumbo	Mancais para altas velocidades e grandes pressões e em mancais para laminadores
Liga cobre-estanho 78-7 chumbo 15	75,0 a 80 de cobre – 2,0 a 8,0 de estanho – 1,0% (máx.) de zinco – 13,0 a 16,0% de chumbo	Mancais para automóveis em pressões médias
Liga cobre-estanho 70-5 chumbo 25	68,0 a 73,0 de cobre – 4,0 a 6,0 de estanho – 1,0% (máx.) de zinco – 22,0 a 25,0 de chumbo	Mancais para altas velocidades e baixas pressões.

Por fim, saiba que o limite de resistência à tração dessas ligas para mancais vão de 10 kgf/mm² para aquelas que possuem **menor** teor de chumbo, até 18,0 kgf/mm² para de **maior** teor de chumbo.

Alumínio e suas ligas

O alumínio e suas ligas, Coruja, não costumam ser alvo de prova demasiadamente. Todavia, precisamos ter uma noção sobre o tratamento de **envelhecimento** (veremos a seguir) sobre essa liga metálica. Antes, vamos entender algumas características dessas ligas.

A primeira característica é sua **massa relativamente baixa**, quando comparada com ligas de aço (2,7 g/cm³ contra 7,9 g/cm³, aproximadamente). Além disso, as ligas de alumínio são conhecidas pela sua **elevada condutividade térmica e elétrica**, somadas à ótimas **resistência à corrosão** em atmosfera ambiente e **ductilidade** (que facilita muito trabalhos à frio e processos de fabricação, como conformação, por exemplo). Além disso, possui microestrutura do retículo cristalino formada por células unitárias em **arranjo CFC** (Cúbica de Face Centrada).

Todavia, uma **limitação** do alumínio é seu **baixo ponto de fusão** (660°C) que acaba restringindo a temperatura máxima na qual esse elemento pode ser utilizado em certas ligas metálicas. Além desse aspecto, ele também possui **alto ponto de ebulição** e **alta estabilidade a qualquer temperatura**.



(Cesgranrio/Mecânica)



A fusão e a moldagem de peças de alumínio são facilitadas porque o alumínio possui

- a) alto ponto de fusão, elevado ponto de ebulição e alta estabilidade a qualquer temperatura
- b) alto ponto de fusão, alto ponto de ebulição e baixa estabilidade a qualquer temperatura
- c) baixo ponto de fusão, baixo ponto de ebulição e alta estabilidade a qualquer temperatura
- d) baixo ponto de fusão, elevado ponto de ebulição e alta estabilidade a qualquer temperatura
- e) baixo ponto de fusão, baixo ponto de ebulição e baixa estabilidade a qualquer temperatura

Comentário:

Olha aí, Coruja! "Molezinha", né? Como vimos, são características do alumínio: baixo ponto de fusão, alto ponto de ebulição e alta estabilidade a qualquer temperatura.

Gabarito: d.

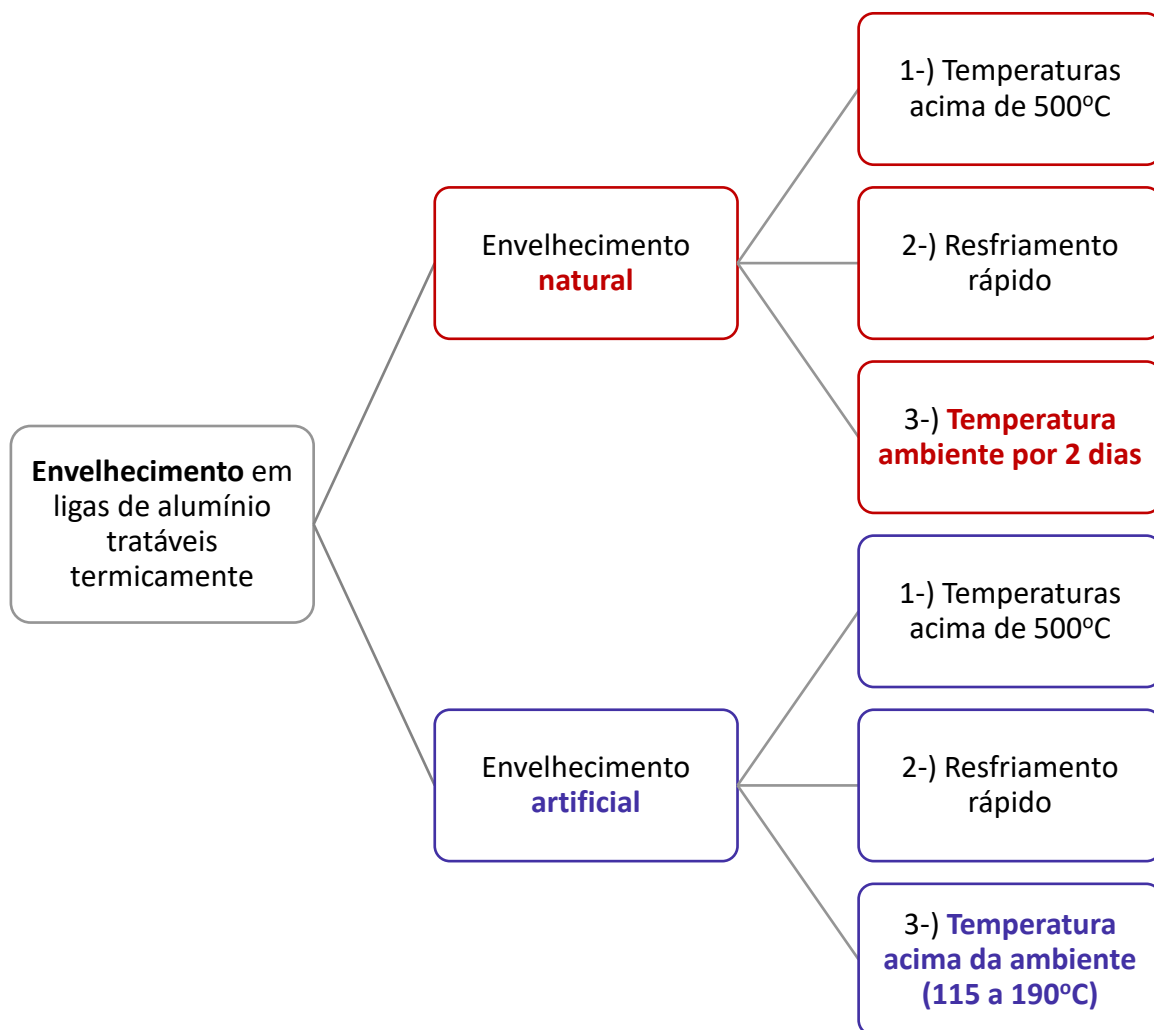
Outro aspecto importante, Coruja, é quanto a sua **resistência mecânica** e a possibilidade de seu aumento. Aqui, o **trabalho a frio (encruamento)** é uma opção de elevação, porém com redução na resistência à corrosão. Além disso, a **resistência mecânica** também pode ser elevada com elementos de liga (cobre, magnésio, silício, manganês e zinco são os mais usados).

Nesse sentido, temos dois tipos de **ligas**: aquelas de **uma fase (não tratáveis termicamente)**, já que não possuem mudança de fase) que utiliza o **endurecimento por solução sólida** para o aumento de resistência mecânica e aquelas que **são tratáveis termicamente** e utilizam o **endurecimento por precipitação**. Este último ganha relevância para sua prova e vamos falar mais a seguir.

Em ligas de **alumínio** (as tratáveis termicamente), temos o tratamento térmico de **envelhecimento** (que nada mais é que um **endurecimento por precipitação** de outros elementos de liga). Todavia, temos dois tipos: o **envelhecimento natural** e o **envelhecimento artificial**.

Em ambos, temos a liga de alumínio (como, por exemplo, a mais comum - liga alumínio e cobre) submetida a temperaturas **superiores a 500°C** (cerca de 540°C a depender do teor de cobre). Depois disso, temos o **resfriamento rápido**. Nessa etapa é que ocorre ou o envelhecimento natural (a liga descansa em temperatura ambiente, por cerca de 2 dias) ou envelhecimento artificial (no qual a liga é submetida a temperaturas superiores a ambiente - de 115 a 190°C - por algumas horas, a fim de atingir a precipitação dos elementos de liga). Por isso, memorize:





Além disso, Estrategista, é bom você conhecer a **nomenclatura usual** das diferentes ligas de alumínio. Aqui temos algumas regrinhas de classificação das ligas de alumínio, tanto as **forjadas**, quanto as **fundidas**. Na lavra da doutrina²⁸ majoritária, a composição para ambos os tipos é especificada pelo conjunto de um número de **4 dígitos** (que indicam as principais impurezas da liga e, em alguns casos, o número de pureza). Um exemplo é o alumínio 2024 (de acordo com a ASTM – *American Society for Testing Materials*).

Depois dos quatro dígitos, vem o **hífen** com um número de **um a três dígitos** que vão indicar ou o **tratamento mecânico** ou **térmico** que a liga sofreu. Por exemplo, 2024-T3, temos um alumínio com uma série de elementos de liga em diferentes teores (cobre, ferro, zinco, Manganês, etc – nem precisa esquentar com os teores de cada um) que sofreu **solubilização** e **encruamento** (trabalho a frio).

²⁸ Callister, W.D. Jr; Rethwish, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.



É muito triste questões que cobram essa pura decoreba. Mas, infelizmente ou felizmente, é bom termos em nosso ciclo de estudo, pelo menos, as designações dos tratamentos mecânicos e térmicos, pois algumas bancas (como a CESPE acima), pode cobrar. Vamos lembrar, Coruja?

- **T3** = a liga foi **solubilizada** e **encruada** (sofreu trabalho a frio);
- **T4** = a liga foi **solubilizada** e **envelhecida à temperatura ambiente** (naturalmente);
- **T6** = a liga foi **solubilizada** e **envelhecida artificialmente** (submetida a temperaturas de 115 a 190°C depois do resfriamento rápido);
- **T8** = a liga foi **solubilizada**, **encruada** e **endurecida por precipitação** (que é a mesma coisa que ser **envelhecida** e, no caso dessa sigla, conforme aponta a literatura, **artificialmente**);

Antes de vermos as principais aplicações das ligas de alumínio, Coruja, saiba que uma liga interessante é a **duralumínio**! Ela nada mais é que uma liga de alumínio contendo: cobre, magnésio, manganês e silício. O nome é comercial e designa a um grupo de tipos de ligas com variáveis teores desses elementos.



(Cesgranrio/Mecânica)

Em relação aos materiais não ferrosos, é correto afirmar que:

- a) todas as ligas de cobre podem ser endurecidas ou ter a sua resistência melhorada por meio de tratamento térmico.
- b) todas as ligas de alumínio são tratadas termicamente para aumentar a sua resistência e dureza por meio de endurecimento por precipitação.
- c) o alumínio tem uma estrutura cristalina CCC, mantendo a sua ductilidade até mesmo em temperaturas reduzidas.
- d) o alumínio, sob a atmosfera ambiente, apresenta resistência à corrosão e sua principal limitação é sua baixa temperatura de fusão.
- e) o latão é uma liga de cobre onde o estanho, na forma de uma impureza substitucional, é o elemento de liga predominante.

Comentário:

Oras, questãozinha tranquila, Coruja! Como vimos, nem todas as ligas de cobre e de alumínio poderão ser tratadas termicamente, isso porque algumas, como no caso do alumínio, terão uma única fase, sem possibilidade de recristalização, por exemplo (letras "a" e "b", erradas). Além disso, o alumínio possui microestrutura formada por células unitárias CFC que formarão o seu retículo (letra "c", errada). Por fim,



vimos que o latão é uma liga de cobre formada por ele e o zinco (falei que eles cobram esse detalhe, pois muito aluno confunde com o bronze que é cobre e estanho), assim temos a letra "e", incorreta. A letra "d" está em linha com o que estudamos, sendo uma característica do alumínio seu baixo ponto de fusão.

Gabarito: "d".

Aplicações típicas de ligas de alumínio

Estrategista, antes de vermos as principais tabelas de nomenclaturas e respectivas aplicações, saiba que a primeira coluna de classificação provém da Associação do Alumínio e a segunda coluna para o número UNS que vimos no começo da aula para o aço, adaptada da doutrina específica²⁹.

- **Ligas de alumínio forjadas e não tratáveis termicamente**

Nº da Associação do Alumínio	Nº UNS	Aplicações
1100	A91100	Equipamentos para o manuseio e armazenamento de alimentos e produtos químicos. Trocadores de calor. Refletores de luz.
3003	A93003	Utensílios de cozinha, vasos de pressão e tubulações.
5052	A95052	Linhas de combustível e de óleo de aeronaves. Tanques de combustível. Utensílios, rebites e arames.

- **Ligas de alumínio forjadas e tratáveis termicamente**

Nº da Associação do Alumínio	Nº UNS	Aplicações
2024	A92024	Estruturas de aeronaves, rebites, rodas de caminhões e pelas de máquinas de parafuso.
6061	A96061	Caminhões, canoas, vagões de trem, mobílias, tubulações.
7075	A97075	Peças estruturais de aeronaves e outras aplicações submetidas a tensões elevadas

²⁹ Adaptado de Callister, W.D. Jr; Rethwish, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.



- **Ligas fundidas e tratáveis termicamente**

Nº da Associação do Alumínio	Nº UNS	Aplicações
2950	A02950	Alojamento de volantes de motores e de eixos traseiros, rodas de ônibus e de aeronaves, cárteres.
3560	A03560	Peças de bombas de aeronaves, caixas de transmissão automotivas, blocos de cilindros resfriados a água.

- **Ligas de alumínio-lítio**

Nº da Associação do Alumínio	Nº UNS	Aplicações
2090	-	Estruturas de aeronaves e estruturas de tancagem criogênica.
8090	-	Estruturas de aeronaves com alta tolerância a danos.



Perceba, Coruja, que quando a questão trouxer “aeronaves” e perguntar qual liga deve ser empregada, grande chance de ser de **alumínio**, certo? ;)

Magnésio e suas ligas

Basicamente, Estrategista, você precisa saber que o **magnésio** e suas ligas serão empregados quando se precisa ainda mais de material muito leve, conciliando com boa resistência mecânica (a densidade do magnésio é ainda menor que a do alumínio – 1,7 g/cm³). Por isso, também teremos aplicações em aeronaves!

As demais características são pouco relevantes para sua prova e somente encherão sua cabeça com coisas que a probabilidade de serem cobradas é quase “0”. Gostaria só de chamar sua atenção para o fato das ligas de magnésio, apesar de terem boa resistência a **corrosão em ambientes normais**, possuem **baixa resistência a corrosão** em ambientes **marinhos**. Vejamos as principais ligas nas tabelas³⁰ a seguir!

³⁰ Adaptado de Callister, W.D. Jr; Rethwisch, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.



- **Ligas de magnésio forjadas**

ASTM	Nº UNS	Aplicações
AZ31B	M11311	Estruturas e tubulações, proteção catódica .
HK31A	M13310	Aplicações de elevada resistência até 315°C.
ZK60A	M16600	Peças forjadas de máxima resistência para aeronaves.

- **Ligas de magnésio fundidas**

ASTM	Nº UNS	Aplicações
AZ91D	M11916	Peças fundidas em matriz para automóveis, bagagens e dispositivos eletrônicos.
AM60A	M10600	Rodas automotivas.
AS41A	M10410	Fundições em matriz que exigem boa resistência à fluência.



Coruja, se liga na primeira liga e sua aplicação para tubulações que precisem de proteção catódica! Julgo ser importante tê-la em mente! ;)

Titânio e suas ligas

A primeira grande característica das ligas de **titânio** que você precisa saber é sobre a sua **elevadíssima resistência**! Além disso, conciliam boa ductilidade e usinabilidade.

Apesar das diferentes ligas formadas a base de titânio e outros elementos de liga, outra característica do titânio (que é uma limitação) é sua **reatividade química** com outros materiais quando em **temperaturas elevadas**. Todavia, como aponta a doutrina³¹, memorize: suas ligas são muito utilizadas em **implantes cirúrgicos** como próteses, por exemplo. Além disso, podem ser aplicadas em estruturas de aeronaves, veículos espaciais e na indústria química. Vejamos as principais ligas e suas aplicações na tabela³² abaixo.

³¹ Adaptado de Callister, W.D. Jr; Rethwisch, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.

³² Adaptado de Callister, W.D. Jr; Rethwisch, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.



Nº UNS	Aplicações
Não ligada (titânio puro)	Protetores de motores a jato, carcaças e fuselagens de aviões. Equipamentos resistentes à corrosão em indústria naval e de processamento químico.
Ti-5Al-2,5Sn (R54520)	Carcaças e anéis de motores de turbina a gás; equipamentos para processamento químico que exigem resistência até temperaturas de 480°C.
Ti-8Al-1Mo-1V (R54810)	Peças forjadas para componentes de motores a jato (discos, placas e conectores de compressores).
Ti-6Al-4V (R54810)	Implantes e próteses de alta resistência, equipamentos para processamento químico, componentes estruturais de fuselagens de aviões.
Ti-6Al-6V-2Sn (R56620)	Fuselagens de carcaças de motores de foguetes e de alta resistência para aviões.
Ti-10V-2Fe-3Al	Aplicações que exigem melhor combinação de alta resistência e tenacidade dentre todas as ligas de titânio. Muito empregada em fuselagens de aviões que exigem elevada resistência e aplicações que exijam uniformidade de propriedade de tração da superfície e centro do material.



Novamente, Coruja, chamo sua atenção para 2 pontos! Falou em **implantes e próteses de alta resistência**, lembre-se da liga marcada em vermelho (já foi alvo de prova). Apesar de certas ligas de aço também poderem servir como dispositivos cirúrgicos, como aços inoxidáveis, falou em próteses na área da saúde, lembre-se dela! Além disso, veja que se a questão mencionar **carcaça de avião e alta resistência**, é com essas ligas, certo? ;)



MATERIAIS NÃO-METÁLICOS

Estrategista, todo o conteúdo que tratamos até o momento se aplica ao grande universo dos materiais **metálicos** (que consistem em **ligas** cujos teores de elementos químicos metálicos são consideráveis). Dentre eles, falamos da principal liga metálica: o **aço** (Fe-C), bem como as comentamos das ligas de alumínio, cobre, magnésio e titânio.

Agora, veremos, brevemente, pois não costumam ser alvo de prova, os materiais agrupados como “**não-metálicos**”. Basicamente, teremos **quatro tipos**: as **madeiras**, os **polímeros**, as **cerâmicas** e os **materiais compósitos**. Cada grupo possui propriedades específicas e diferentes na grande maioria das vezes que os materiais metálicos. Assim, veremos as principais características e aplicações de cada um, começando com os: **madeiras**.

Madeiras

Estrategista, os diferentes tipos de madeiras provém dos **troncos** das árvores (óbvio) que é formado por um composto de **células alongadas** de diferentes naturezas, de acordo com a **idade** da árvore e **suas funções orgânicas**.

O tronco da árvore é composto ela **casca** (que serve de proteção), **líber** (floema) que são vasos condutores de seiva elaborada produto da fotossíntese (para gente, é mais do suficiente saber isso) e o **cerne**. O cerne é formado pela madeira dura e consistente, impregnada de **tanino** e **lignina**. Essa é a parte mais importante para a **construção** civil.

Além desses aspectos, saiba que a madeira, Coruja, é importante conhecermos as **características físicas** e **mecânicas** da madeira que vão constituir suas **propriedades**. Vamos lá?

Propriedades físicas e mecânicas da madeira

Logo de cara, Estrategista, quero que você tenha em mente que a madeira é um material **diferente** de qualquer outro. Isso porque ela possui diferentes combinações de propriedades de qualquer outro material, muito por conta, dentre outros fatores, da **umidade**. Esse fator afeta diretamente a **resistência mecânica** da madeira, principalmente no decorrer da sua "vida útil", além do impacto nas **propriedades** e **peso específico** (claro, imagine que quanto menor a quantidade de "água" na madeira, mais leve ela fica).

Logo quando cortada, ela possui elevada umidade (cerca de 80%). Com o tempo, ela vai secando e perdendo a umidade. Com isso, as propriedades começam a se alterar. Um efeito que acredito ser pertinente para sua prova é o da **retratilidade** que corresponde às **contrações lineares** e **volumétricas**.



Coruja, dentre as propriedades que você precisa saber em relação a madeira, como elenca a literatura³³, são:

- Resistência à compressão paralelas a suas fibras;
- Módulo de elasticidade à compressão;
- Resistência à flexão estática;
- Módulo de elasticidade à flexão;
- Resistência à flexão dinâmica ou ao choque;
- Resistência à tração normal às fibras;
- Resistência ao fendilhamento;
- Dureza;
- Resistência ao cisalhamento.

Outro aspecto importante é que as melhores madeiras para a construção são aquelas que provêm de **grandes árvores** (elevada altura) de troncos **retos** e **regulares**. E o que torna a madeira tão peculiar e diferenciada é sua **relação de propriedades mecânicas**, como **boa homogeneidade**, **boa resistência mecânica** e **dureza** (todavia, sem serem extremamente **densas** e difíceis de **trabalhar**).

Vários tipos de madeiras, de diferentes árvores, conseguem conciliar **alta resistência à compressão** com **boa resistência ao choque** (ter **tenacidade**) para não ocorrer fratura. Existem diferentes tipos de madeira (julgo improdutivo você memorizar todos eles que ocorrem no Brasil). Todavia, os **principais defeitos** e técnicas de **preservação** da madeira têm maiores chances de serem comprados.

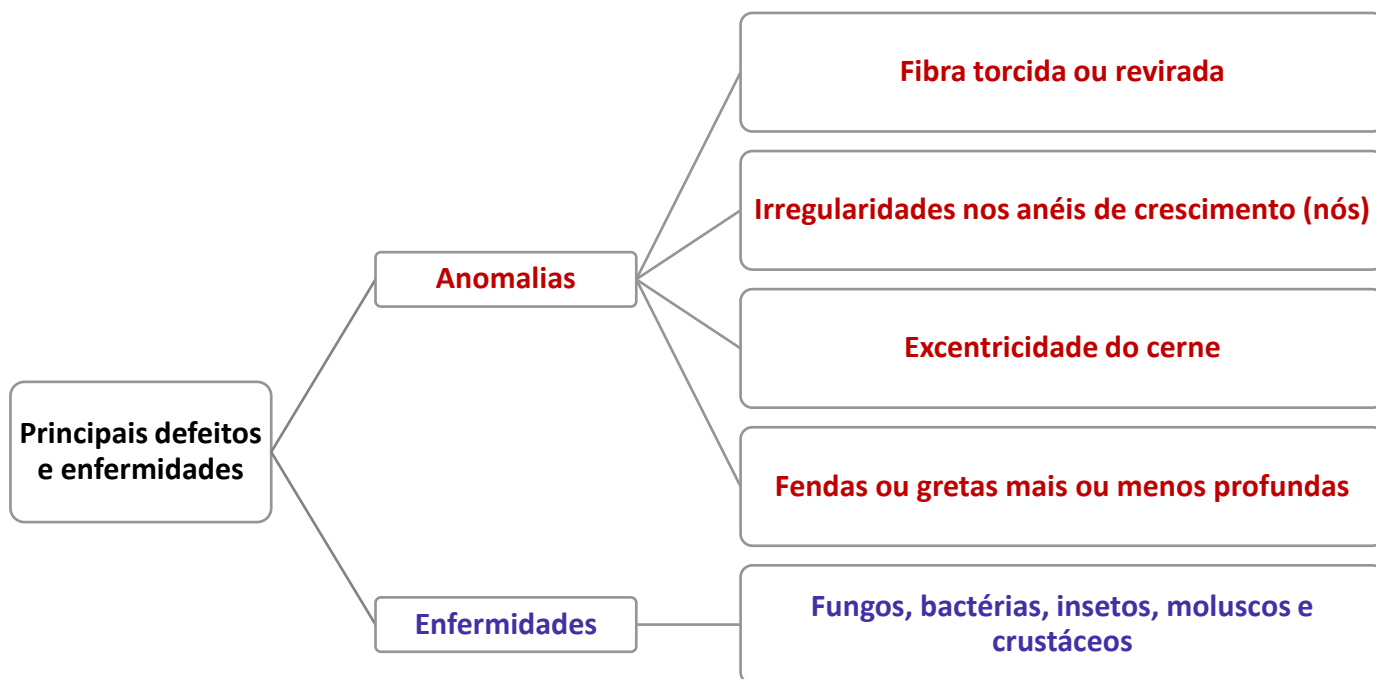
Defeitos e enfermidades

Coruja, os principais defeitos (e **enfermidades**) da madeira estão relacionadas a sua vida útil em serviço, provenientes de **anomalias** que geram alteração estrutural ou as **enfermidades** químicas que podem reduzir suas resistências e gera o famoso "**apodrecimento**" do material.

Dentre as principais anomalias e enfermidades, memorize, Estrategista:

³³ Chiaverini, V. Tecnologia Mecânica: processos de fabricação e tratamento. Editora: Makron Books do Brasil Ltda, 2ª edição, vol: I, II, III. São Paulo, 1986.





Preservação da madeira

Por fim, para terminarmos esse tópico, Coruja, convém falarmos de alguns **métodos** que a doutrina elenca para preservar as madeiras. Basicamente, temos **dois**: a **secagem** e os **tratamentos superficiais**.

Na **secagem**, temos a eliminação de água e, conseqüentemente, temos menores probabilidades de desenvolvimento de seres vivos que podem causar o apodrecimento (como bactérias e fungos). Dentro do rol dos **tratamentos superficiais** temos a **pintura**, a **imersão** e a **impregnação** como os principais. Em cada um deles, temos os **preservativos** (denominação para os materiais de proteção) que serão colocados pela pintura, imersão ou impregnação (estes, mais efetivos, já que conseguem **adentrar em imperfeições da superfícies como em fendas pequenas** não atingíveis pela pintura).

Entre os principais **preservativos**, Coruja, que são empregados, temos (memorize-os):

- **Creosoto (mais importante)** e consiste em uma mistura de **fenóis** provenientes da destilação do alcatrão);
- **Sulfato de cobre;**
- **Bicloreto de mercúrio;**
- **Óleos crus (parafinados e asfálticos, por exemplo);**



Polímeros

Estrategista, de maneira geral, os materiais **poliméricos** (formados por polímeros que são cadeias longas de vários “meros”) constituem materiais com características particulares em relação aos metais e a madeira que vimos a pouco.

Os polímeros formados por diferentes **monômeros** (molécula constituída somente por um mero) sofreram a famosa **polimerização** (uma reação química intermolecular para ligar os vários monômeros). Essa polimerização pode ser por **adição** (quanto **todos os átomos** do monômero são incorporados para formar a cadeia do polímero, **sem gerar subproduto**), ou por **condensação** (na qual, dois monômeros **perdem** átomos ou grupos para ocorrer a união com outro monômero e **gera subprodutos** na reação, pois esses átomos ou grupos vão formar esses subprodutos, como água ou álcool, a depender da reação).

Assim, como cita a doutrina, o exemplo mais banal é o **etileno** (C_2H_4) – monômero – que sofre polimerização e se torna o **polietileno**.

Além desses aspectos, Estrategista, saiba que os materiais poliméricos costumam ser chamados de **resinas** (plásticas ou sintéticas). A diferença é que as **plásticas** têm natureza orgânica, compostas por hidrogênio, carbono, etc.

Basicamente, Coruja, você precisa conhecer **dois grandes** grupos de materiais poliméricos: os **termoplásticos** e os **termofixos**. Veremos suas características principais com foco naquilo que você precisa saber para sua prova.

Termoplásticos

Essa primeira categoria, Coruja, consiste nos materiais que começam a amolecer a partir de $60^\circ C$. Os **termoplásticos** são os materiais poliméricos que possuem cadeia linear e quando aquecidos sob determinada pressão, tem sua **consistência alterada** (indo de sólida a mole ou viscosa - amolecimento). Apesar disso, eles **não sofrem reações químicas nesses processos, sendo sua forma reversível pelo re-amolecimento**. Nesse sentido, os termoplásticos podem amolecer quando submetidos ao calor em determinada pressão e, depois, quando resfriados, endurecer novamente.

Nesse sentido, Coruja, convém falarmos sobre a **temperatura de transição vítrea** que consiste na temperatura na qual os polímeros, por exemplo, passam de um comportamento rígido para um comportamento de maior mobilidade molecular (pode-se entender que ele fica mais mole). Nessa seara, temos, como vimos, para um termoplástico, uma **diminuição da viscosidade** (oras, viscosidade é definida como uma resistência ao escoamento do fluido). Acima dessa temperatura, no termoplástico, temos eles menos rígido, mais “amolecido”, com menor resistência ao “escoamento”.



Como exemplo de termoplásticos, temos os formados por: **nitrocelulose, acetato de celulose, metacrilato de polimetila, poliestireno, cloreto de polivinila** (famoso, **PVC**), **polietileno** e o **náilon** (nome comercial para a **poliamida**);

Termofixos

Também chamados de **termoestáveis**, os **termofixos** possuem o processo de **cura** que nada mais é que uma **extensão** no tempo no qual o material é submetido ao calor, fazendo com que no começo da aplicação de calor os materiais termoestáveis do termofixo fiquem moles e, depois dessa etapa, se o calor continua, ele atinge a cura, na qual ocorre uma **transformação química** que faz com o termofixo **endureça**. Nesse sentido, conforme se aumenta a temperatura, acima da temperatura de transição vítrea, o termofixo pode endurecer, aumento sua rigidez, como nos elastômeros. Assim, em aplicações desse material curado, se houver calor que aumente a sua temperatura, ele será mais resistente e não amolecerá (claro, até certo nível de temperatura).

Esse comportamento característico, Coruja, se deve a sua diferença de composição das cadeias poliméricas que, diferentes dos termoplásticos, nos termofixos, elas são em **rede** e possuem diferentes comportamentos em cada cadeia da rede.

Como exemplo de termofixos, temos os formados por: **fenol, formaldeídos e formaldeídos de uréia, alkyds, epoxides, poliésteres e silicones**.

Principais propriedades dos polímeros

Basicamente, as principais propriedades, Coruja, são: **mecânicas, químicas, térmicas, óticas e elétricas** que devem estar em equilíbrio e associadas no material. Óbvio, o que adianta termos uma material polimérico **isolante**, por exemplo, que não consegue suportar esforços mecânicos mínimos.

Principais componentes dos plásticos

Coruja, em um material plástico (formado por polímeros) temos outros **componentes** importantes para sua formação e que julgo pertinentes para sua prova. Entre eles, temos os **aditivos (estabilizadores, materiais de enchimento e plastificantes), colorantes e lubrificantes**. Os colorantes estão relacionados a cor do material polimérico e os lubrificantes relacionados ao impedimento que peças moldadas se fixem aos moldes em processos de produção de peças plásticas.

Por outro lado, os **aditivos** (mais importantes) são substâncias adicionadas nos plásticos com foco em alguns **objetivos** diferentes. Os **estabilizadores** são aqueles que promovem a **prevenção** ou **redução** do processo de **degradação** dos plásticos quando expostos à luz e ao calor. Além disso, também previnem o **auto-envelhecimento, oxidação, fratura por flexão continuada e fratura por ações atmosférica prolongada**.



Os **materiais de enchimento** melhoram as **resistências mecânicas**, ao **desgaste** e ao **choque**, além de providenciar estabilidade **dimensional**. Um exemplo citado pela literatura é a adição de asbesto em resina fenólica que gera um material colorido (atua como colorante) e resistente quimicamente e mecanicamente.

Por fim, os materiais **plastificantes** são aditivos que focam na **redução** da **rigidez** ou **fragilidade** dos plásticos. Entre os mais utilizados, Coruja, podemos citar os ftalatos (alfanóis), diésteres, poliésteres, epóxis, entre outros.

Materiais cerâmicos

Basicamente, Estrategista, os materiais cerâmicos são constituídos por **metais e ametais**. Dessa forma, temos como componentes principais o **alumínio, silício, magnésio, titânio**, como exemplos de metais e **oxigênio, carbono e nitrogênio**, como exemplos de ametais. Por conta disso, saiba que temos cerâmicas compostas por **ligações iônicas** e por **ligações covalentes**, ou por mistura dessas ligações. Por exemplo, a **alumina** (Al_2O_3) é um material cerâmico, cuja constituição é feita por somente uma **fase** e, possui, um percentual de caráter iônico de cerca de 65%. Acerca desse tipo de informação, Coruja, você não precisa se preocupar, pois as bancas não costumam cobrar essas porcentagens e valores. Tranquilidade!

Todavia, Coruja, uma questão importante é em relação a suas **propriedades**. Por isso, quero que você guarde com carinho, pois a literatura específica deixa claro quais são elas e o porquê esse grupo de material é tão importante para a engenharia.

Primeiramente, você precisa guarda que as **cerâmicas** são **frágeis** e **muito duras** (ou seja, possuem elevada resistência mecânica à penetração - dureza - e baixíssima ductilidade). Por conta disso, são materiais muito utilizados em ferramentas de corte em processos de fabricação.

Outra propriedade interessante é a **resistência à tração** que também é **baixa**. Porém, por outro lado, a **resistência à compressão** é **elevada** (como cita a doutrina³⁴, cerca de cinco a dez vezes maior que a resistência à tração).

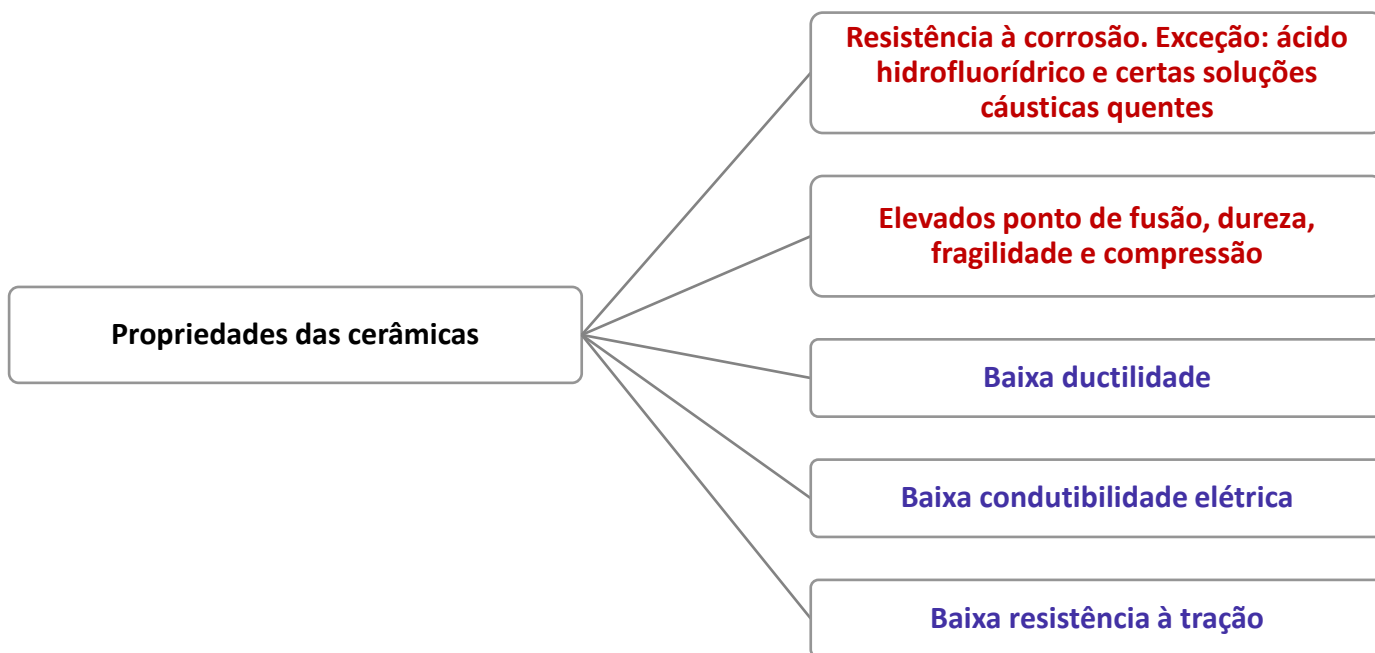
Além disso, saiba que possuem **elevado ponto de fusão** (por exemplo, a alumina que citei funde acima de 1900°C), **baixa densidade**, **condutibilidade elétrica** praticamente **nula** e **condutibilidade térmica** variável (a depender da cerâmica em termos de composição, podem possuir alta ou baixa, sendo as cerâmicas de microestruturas cristalinas simples, mais altas).

Por fim, quero que você memorize que a **resistência à corrosão** é um ponto forte das cerâmicas, sendo consideradas todas elas resistentes à ação de agentes químicos, sendo inertes a todas as substâncias

³⁴ Chiaverini, V. Tecnologia Mecânica: processos de fabricação e tratamento. Editora: Makron Books do Brasil Ltda, 2ª edição, vol: I, II, III. São Paulo, 1986.



químicas, de acordo com a literatura específica. Todavia, temos duas exceções: **ácido hidrófluorídrico (ou ácido fluorídrico)** e **certas soluções cáusticas quentes**.



Estrategista, para finalizar os principais pontos das cerâmicas, vejamos, agora, um apanhado de cada tipo. Assim, temos os seguintes tipos³⁵:

- **Faiança e porcelana:** provém de misturas de **argila, quartzo, feldspato, caolin** e **outros materiais**. São altamente vitrificados e muito empregados nas indústrias química e elétrica;
- **Refratários comuns:** obtidos a partir da **argila** (tem como maior representante os de alumina-sílica, como os **óxidos de alumínio** e **dióxido de silício**);
- **Óxidos:** principal característica, Coruja, é saber que são os tipos mais **simples**, formados apenas por um elemento metálico ou dois ou mais elementos metálicos. O mais importante é o **óxido de alumínio** (alumina), pois possui custo baixo;

Materiais compósitos

Os **materiais compósitos** são aqueles constituídos por uma certa **mistura** de fases de vários macrocomponentes. Nessa seara, temos a mistura de **metais, cerâmicas** e **polímeros** a fim de formar materiais com características **específicas**, melhorando suas **propriedades** em serviços específicos e finalidades diferentes. Por exemplo, **melhoria de tenacidade, rigidez e resistência mecânicas** em condições com **temperaturas muito baixas** ou **muito elevadas**.

³⁵ Adaptado Chiaverini, V. Tecnologia Mecânica: processos de fabricação e tratamento. Editora: Makron Books do Brasil Ltda, 2ª edição, vol: I, II, III. São Paulo, 1986.

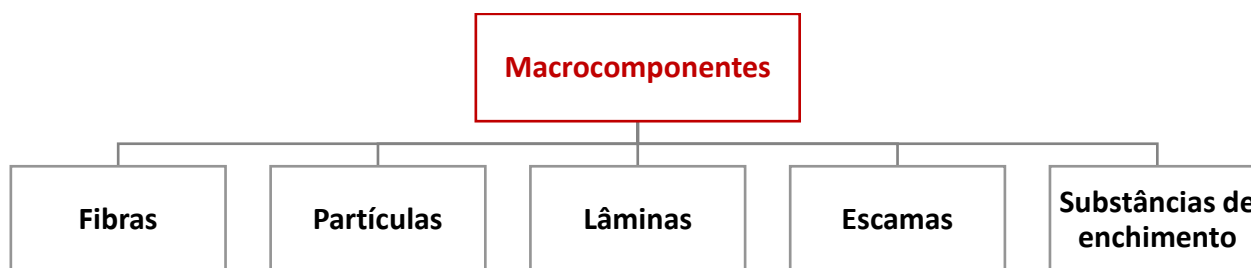


Normalmente, o objetivo de materiais compósitos reforçados com fibras é conciliar **alta resistência (e/ou rigidez)** em relação ao seu **peso**. Dessa forma, eles possuem os parâmetros de **resistência específica** (razão entre os limites de resistência à tração e o peso específico do material) e **módulo específico** (razão entre o **módulo de elasticidade – módulo de Young** – e o peso específico do material) bem desenvolvidos e acentuados.

Esses macrocomponentes podem ser: **fibras, partículas, lâminas, escamas** e **substâncias de enchimento**. Todos esses tipos de macrocomponentes determinam a **natureza** da estrutura interna do material compósito. Por isso, as **propriedades** dos compósitos vão depender da natureza e das propriedades desses componentes.

Nessa seara, Estrategista, os compósitos possuem **duas fases** distintas: **a matriz** e a **fase dispersa**. É justamente a **matriz** que mantém a estrutura coesa e contribui para o conjunto do material ter boas condições de fabricação e flexibilidade.

Coruja, antes de vermos cada **tipo** de material compósito, memorize o esquema a seguir para sua prova.



Fibrosos

Como cita a doutrina, um dos primeiros tipos de compósitos fibrosos foi o **plástico reforçado** com **fibra**. Nesse sentido, Coruja, poliésteres (material polimérico) que constituem a fase **matriz**, são reforçados com fibra (fase fibra) de vidro a fim de se obter bom equilíbrio entre propriedades diversas (como mecânica, elétrica, resistência a corrosão e ao calor). Com isso, ampliou-se as possibilidades de aplicação de plásticos na engenharia.

O segundo tipo de compósito é aquele que usa **fibras sintéticas** e **fibras naturais** em combinação. Esse tipo é amplamente utilizado em produtos da indústria **têxtil**, Coruja.



O terceiro e mais divulgado tipo, são os materiais compósitos de **fibra de grafita** e de **boro** em uma matriz de **epóxi** ou de **alumínio**, como cita a doutrina³⁶. Grave essa informação, pois tem cheiro de prova. Nesse sentido, a **fibra de carbono** é um compósito fibroso que possui a **fase dispersa** na forma de uma fibra.

Além disso, saiba que dentro da seara de materiais compósitos fibrosos, teremos **3 classificações de fibras** baseadas na natureza ou no diâmetro: **whiskers**, **fibras** e **arames**, como cita a literatura específica³⁷.

- **Whiskers:** esse tipo é formado por **monocristais muito finos** e, por conta disso, possuem **elevado** grau de perfeição cristalina (praticamente sem defeitos) o que lhes confere excepcionais resistências mecânicas (são os materiais mais resistentes conhecidos);
- **Fibras:** apesar de parecer incoerente o nome, Coruja, é isso, mesmo! Rs. Essa classificação redundante é caracterizada por materiais policristalinos e ou amorfos, em matriz polimérica ou cerâmica. Nessa seara temos as fibras de carbono ou de boro que comentei;
- **Arames:** são arames finos (mas com diâmetros grandes quando comparados às classificações anteriores) formados, normalmente, por aços, molibdênio e tungstênio. Uma aplicação desse tipo, citada pela literatura mencionada são os arames que constituem os pneus dos automóveis (a armação ou “esqueleto” do pneu, além da borracha vulcanizada);

Particulados

Nesse tipo de compósito, Coruja, temos os grupos formados por **partículas grandes** e os formados por **dispersão** de partículas. Na realidade, a diferença entre eles está no mecanismo de reforço (aumento de resistência).

Nessa seara, as partículas grandes (são chamadas de “grandes” porque não está no nível atômico ou molecular) constituem a fase particulada que será, normalmente, mais dura e mais rígida que a fase matriz. Além disso, esses compósitos de partículas grandes podem ser empregados com outros três tipos de materiais (metálicos, poliméricos e cerâmicas).

Um exemplo, é o **cemeto**, Coruja. Esse compósito é formado por cerâmica e metal, sendo o mais comum o **carbeto cimentado** (formado por partículas duras de **carbeto de tungstênio** ou **carbeto de titânio**, dispersados em uma matriz metálica de **cobalto** ou **níquel**). Onde você acredita que esse material é empregado na engenharia? Oras, em ferramentas de corte, Coruja! Claro, elas precisam ser extremamente duras.

³⁶ Adaptado Chiaverini, V. Tecnologia Mecânica: processos de fabricação e tratamento. Editora: Makron Books do Brasil Ltda, 2ª edição, vol: I, II, III. São Paulo, 1986.

³⁷ Adaptado de Callister, W.D. Jr; Rethwisch, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.



Apesar disso, essas partículas precisam de fase matriz de metal, pois ao passo que são muito duras (cortam metal em processos de usinagem), elas são frágeis. Para aumentar a **tenacidade** do compósito, precisa-se uma fase de metal que mantem elas dispersas o suficiente para evitar propagação de trincas entre as partículas (o metal é mais dúctil e absorve a energia do processo). Tudo faz sentido, Estrategista!

Outro exemplo que encaixa no tipo de compósito particulado é o **concreto**. Ele também é formado por partículas grandes de duas fases de cerâmica (a matriz e a dispersa). Assim, temos o concreto de cimento portland (famoso) que é empregado como material de estruturas de construção.

Lamelares

Nesse tipo, o material compósito é formado por duas ou mais camadas ligadas entre si ou em um núcleo mais espesso com densidade baixa coberto por duas faces mais finas que recebe o nome de **sanduíche**.

Escamados

Claro, Coruja, esse tipo é constituído por **escamas** unidas por um aglomerante incorporadas na matriz. Normalmente, se usa o alumínio ou prata como escama. Aqui, sem mistério, é a mesma lógica: uma matriz, como um material polimérico, reforçado por escamas de ouro material.

Enchidos

Também, sem mistério. Temos uma estrutura de matriz, infiltrada ou impregnada com um material de enchimento. Aqui, a doutrina cita que a matriz pode ser, preferencialmente, de estrutura esquelética a fim de melhorar a impregnação do material de enchimento. Podemos citar como exemplo, peças produzidas pela metalurgia do pó.

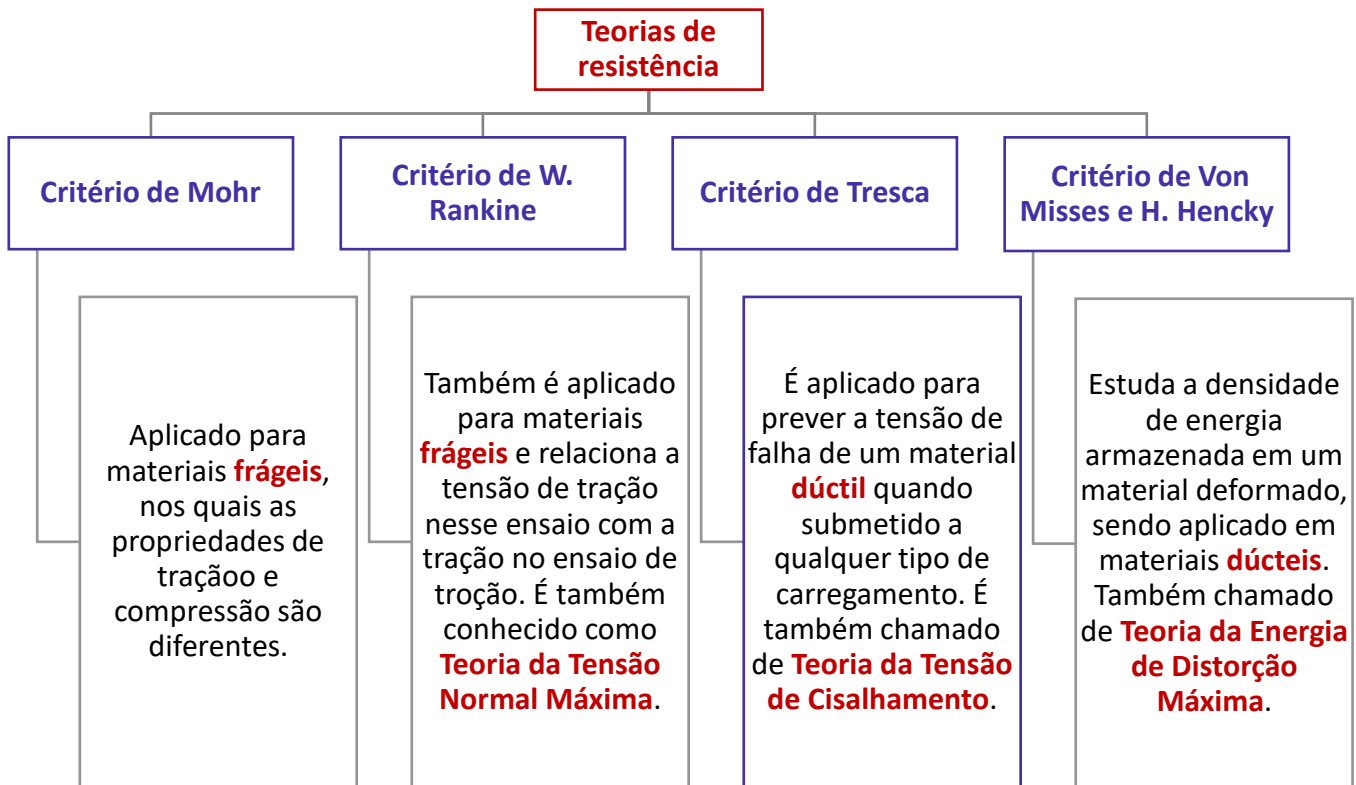
TEORIAS DE RESISTÊNCIA

Estrategista, antes de irmos para as questões dessa aula, convém comentarmos sobre um tópico que, apesar de ser muito raro, já apareceu em prova. Sem entrar muito nos detalhes de cada **teoria de resistência** (custo benefício quase 0 de cair os detalhes), saiba que, na realidade, quando em serviço, as peças e componentes mecânicos não sofrem somente as tensões principais estudadas nos ensaios (como de tração, dureza, etc) e, sim, existem **tensões secundárias**.

Um exemplo comumente explorado pela doutrina é quando se tem uma peça metálica submetida a um esforço de tração e, ao mesmo tempo, perpendicularmente a esse esforço, uma tensão de compressão surge na mesma peça, fazendo com que ela atinja a falha antes do limite de ruptura ou escoamento, caso estivesse somente em tração.



Nesse sentido, alguns estudiosos propuseram algumas teorias para explicar certos comportamentos sobre corpos com múltiplas tensões aplicadas. É sobre isso que essa questão trata. Assim, memorize³⁸, Coruja:



³⁸ Adaptado de Buffoni, S. Resistência dos Materiais - Critérios de Falha. Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda. Universidade Federal Fluminense, 2017.



QUESTÕES COM COMENTÁRIOS



CESPE

1. (CESPE/EMAP – Engenheiro Mecânico - 2018)

Com relação aos aços inoxidáveis, julgue o item a seguir.

O aumento da dureza e da resistência mecânica dos aços inoxidáveis austeníticos não pode ser obtido por encruamento, uma vez que a temperatura de recristalização desses materiais é menor do que a temperatura ambiente.

Certo () Errado ()

Comentário:

Oi? Como é? A temperatura de **recristalização é MENOR que a ambiente?** Jamais! Rs. Imagine o aço (qualquer que seja o tipo) sendo recristalizado a, mais ou menos, 25 °C? Seria completamente inviável, certo? Vimos que a temperatura de recristalização do aço inoxidável é até superior ao aço carbono comum, podendo atingir temperaturas até superior aos 1000 °C.

Gabarito: errado.

2. (CESPE/EMAP – Engenheiro Mecânico - 2018)

Com relação aos aços inoxidáveis, julgue o item a seguir.

Os aços inoxidáveis ferríticos possuem como principal elemento de liga o cromo e, pelo fato de possuírem baixo teor de carbono, não podem ser endurecidos por têmpera.

Certo () Errado ()

Comentário:



Exatamente, Coruja! Lembre-se que vimos essa característica inerente aos **aços inoxidáveis ferríticos**. Perceba que eles possuem até 30% de teor de cromo e menos de 0,12% de carbono em sua liga. Por conta disso, **não são endurecidos por têmpera**! Oras, veja o teor baixo de carbono na liga que compromete o principal objetivo da têmpera que é atingir a microestrutura martensítica que, por sua vez, como vimos, depende do carbono que ficou retido e intersticial no retículo, durante o resfriamento (gerador de altas tensões e elevada dureza). Nesse sentido, uma das formas de endurecer esse aço é por meio do trabalho a frio (encruamento).

Gabarito: correto.

3. (CESPE/FUB – Técnico Industrial - 2018)

Em relação às propriedades e características de materiais metálicos, poliméricos, cerâmicos e compostos, julgue o item a seguir.

O processo de polimerização por adição gera subprodutos, pois ele é realizado por meio de uma reação cujo resultado final é a produção de moléculas não polimerizáveis.

Certo () Errado ()

Comentário:

Opa! Questão errada! Conforme vimos em aula, polímeros são formados por diferentes **monômeros** (molécula constituída somente por um mero) e que sofrem **polimerização** (uma reação química intermolecular para ligar os vários monômeros). Essa polimerização pode ser por **adição** (quanto **todos os átomos** do monômero são incorporados para formar a cadeia do polímero, **sem gerar subproduto**), ou por **condensação** (na qual, dois monômeros **perdem** átomos ou grupos para ocorrer a união com outro monômero e **gera subprodutos** na reação, pois esses átomos ou grupos vão formar esses subprodutos, como água ou álcool, a depender da reação).

Gabarito: errado.

4. (CESPE/FUB – Técnico Industrial - 2018)

Em relação às propriedades e características de materiais metálicos, poliméricos, cerâmicos e compostos, julgue o item a seguir.

Materiais formados pela combinação de outros materiais, com o objetivo de aprimorar determinada propriedade e, com isso, atender a diferentes finalidades, são denominados materiais compósitos.

Certo () Errado ()



Comentário:

Exatamente a definição de materiais **compósitos**! Oras, lembre-se que **materiais compósitos** são aqueles constituídos por uma certa **mistura** de fases de vários macrocomponentes. Nessa seara, temos a mistura de **metais**, **cerâmicas** e **polímeros** a fim de formar materiais com características **específicas**, melhorando suas **propriedades** em serviços específicos e finalidades diferentes. Por exemplo, **melhoria de tenacidade, rigidez e resistência mecânicas** em condições com **temperaturas muito baixas** ou **muito elevadas**.

Gabarito: correto.

5. (CESPE/INPI – Pesquisador - 2014)

Os materiais cerâmicos são ótimos isolantes elétricos, têm alta resistência ao cisalhamento e baixa resistência à tração. A respeito desses materiais, julgue o item subsequente.

Nos materiais cerâmicos, a imobilidade dos elétrons das ligações iônicas e covalentes explica a baixa condutividade elétrica desses compostos.

Certo () Errado ()

Comentário:

Perfeita! Como vimos, os materiais cerâmicos temos as ligações iônicas e covalentes presentes. Por conta dessas ligações (uma que há transferência de elétrons entre os átomos – iônica; e outra na qual há compartilhamento de elétrons – covalente), demonstra a baixa condutividade elétrica desses compostos, pela falta de “disponibilidade” de elétrons, como vimos outrora, nas ligações metálicas (principal ligação existente nos metais), caracterizada pelo “mar de elétrons” presente.

Gabarito: correto.

6. (CESPE/PO-AL – Perito Criminal – Engenharia Mecânica - 2013)

Com base nos processos de fabricação e nas propriedades dos materiais, julgue o item seguinte.

Quando aquecidos a temperaturas superiores à temperatura de transição vítrea, os polímeros termofixos apresentam aumento no módulo de elasticidade, e os termoplásticos apresentam redução da viscosidade.

Certo () Errado ()

Comentário:

Oras, vimos que os **termoplásticos** são materiais de cadeia linear que quando aquecidos em determinada pressão, sofre amolecimento. Ou seja, passada a temperatura de transição vítrea, ele reduz sua viscosidade (propriedade essa que é caracterizada pela resistência ao escoamento, ao movimento, por



assim dizer). Além disso, vimos que os **termofixos** possuem um resultado contrário quando aquecidos e passa a sofrer a **cura**. Nesse sentido, o material se torna endurecido, mais rígido, pois aumenta o seu **módulo de elasticidade** ou **módulo de Young**. Essa situação é presenciada nos termofixo denominados de elastômeros, cujo aumento se dá quando elevada a temperatura do material acima da transição vítrea.

Gabarito: correto.

7. (CESPE/PO-AL – Perito Criminal – Engenharia Mecânica - 2013)

Os aços comuns (ou aços-carbono) reagem com o oxigênio do ar, formando uma camada superficial de óxido de ferro, que é porosa e permite a contínua oxidação do aço, produzindo a corrosão. A respeito da oxidação do aço e dos processos utilizados para proteger as peças de aço da corrosão, julgue o item a seguir.

Os aços inoxidáveis são ligas de ferro, cromo e outros metais, sendo o cromo o elemento que confere a resistência à corrosão.

Certo () Errado ()

Comentário:

Definição perfeita dos aços inoxidáveis! Lembre-se que ele possui tores de cromo no mínimo em 10% na liga e sua presença é que garante a resistência à corrosão pela camada de **óxido de cromo** formada na superfície da peça no processo de **passivação**.

Gabarito: correto.

8. (CESPE/IEMA – Engenharia Mecânica - 2007)

A respeito de aços e ferros fundidos, que são materiais largamente utilizados na construção mecânica, julgue o item que se segue.

Os aços-liga classificados como inoxidáveis têm resistência à corrosão superior à dos aços comuns, e contêm pelo menos 10,5% de cromo na sua composição.

Certo () Errado ()

Comentário:

Veja que esse assunto é recorrente, certo? Bem provável cair uma questão de aço inoxidável na sua prova. A assertiva está perfeita! O teor de cromo pode variar na literatura específica, mas sempre o mínimo será de cerca de 10%. Não se apegue ao fato deles colocarem 10,5%, pois também está certo, Coruja. Oras, é claro que esse valor é variável nesse nível de porcentagem.



Gabarito: correto.

9. (CESPE/SGA – Engenharia Mecânica - 2007)

Para uma aplicação estrutural que operará sob carregamento estático, um projetista dispõe de três opções de aço carbono: ABNT 1020; ABNT 1045 e ABNT 1080. Considerando as características dos aços carbonos, julgue o item que se segue.

Por ser um aço eutetoide, o aço ABNT 1045 tem a sua microestrutura formada exclusivamente por perlita.

Certo () Errado ()

Comentário:

Opa! Negativo! Dois erros nessa assertiva. Primeiro, o aço ABNT 1045 **não é eutetoide**, pois possui 0,45% de carbono na sua constituição, sendo hipoeutetoide. Para ser eutetoide deveria ter cerca de 0,76/0,77%. Segundo, por conta disso, não possui somente perlita na sua microestrutura e, sim, perlita em uma matriz de ferrita.

Gabarito: errado.

10. (CESPE/SGA – Engenharia Mecânica - 2007)

Para uma aplicação estrutural que operará sob carregamento estático, um projetista dispõe de três opções de aço carbono: ABNT 1020; ABNT 1045 e ABNT 1080. Considerando as características dos aços carbonos, julgue o item que se segue.

O aço ABNT 1020 pode ter as suas propriedades mecânicas melhoradas por tratamento de têmpera e revenido.

Certo () Errado ()

Comentário:

O aço ABNT 1020 é um aço carbono comum com cerca de 0,2% de carbono em sua composição. Ele pode sofrer o tratamento de têmpera e revenido. O erro da questão (apesar de eu achar extremamente mal formulada) é em dizer que as **propriedades mecânicas serão melhoradas**. Oras, quais são essas propriedades? Na têmpera, a ductilidade não será melhorada. Porém, a dureza será elevada. Com o revenido, temos o alívio de tensões, ganhos de tenacidade, mas, de novo, quais são as propriedades a serem “melhoradas”? É muito subjetivo e, por isso, deveria ter sido mais clara, explicitando que o objetivo seria “elevar a dureza” ou “promover o endurecimento” do aço.

Gabarito: errado.



11. (CESPE/SGA – Engenharia Mecânica - 2007)

Para uma aplicação estrutural que operará sob carregamento estático, um projetista dispõe de três opções de aço carbono: ABNT 1020; ABNT 1045 e ABNT 1080. Considerando as características dos aços carbonos, julgue o item que se segue.

O aço ABNT 1080 é o de maior dureza, portanto o que apresenta a maior tensão de escoamento.

Certo () Errado ()

Comentário:

Opa! Questão correta, Coruja! Veja que temos um aço ABNT 1080, com cerca de 0,8% de carbono! Temos um teor de carbono, dentre os aços apresentados na assertiva, mais elevado. Dessa forma, temos um aço com maior dureza (maior presença de ligações iônica) e com maior tensão de escoamento (tensão limite que começa o campo plástico do material, de deformação permanente). Assim, temos um aço com elevada rigidez e dureza.

Gabarito: correto.

12. (CESPE/SGA – Engenharia Mecânica - 2007)

Para uma aplicação estrutural que operará sob carregamento estático, um projetista dispõe de três opções de aço carbono: ABNT 1020; ABNT 1045 e ABNT 1080. Considerando as características dos aços carbonos, julgue o item que se segue.

O aço ABNT 1020 é o mais dútil.

Certo () Errado ()

Comentário:

Exatamente! Dentre eles é o mais dútil (com maior capacidade de deformação plástica), sendo o menos rígido e com menor dureza. Muito por conta da menor concentração de carbono na liga (0,2%). Veja que saber o básico de classificação dos aços de acordo com a ABNT é primordial.

Gabarito: correto.

13. (CESPE/Banco da Amazônia – Mecânica - 2007)

O termo metalurgia designa um conjunto de procedimentos e técnicas para extração, fabricação e tratamento de metais e suas ligas. Acerca da metalurgia de metais ferrosos, largamente utilizados em diversas aplicações de engenharia, julgue o item a seguir.



O nióbio, usado em aços inoxidáveis austeníticos como estabilizador de carbonetos, por possuir maior afinidade pelo carbono do que o cromo, forma carbonetos de nióbio, deixando livre o cromo para a efetiva proteção do aço contra oxidação.

Certo () Errado ()

Comentário:

Questão perfeita que trata de um tópico que é visto em aulas minhas sobre **corrosão**. Oras, de fato, tanto o nióbio, quanto o titânio, possuem **maior afinidade** em formar **carbonetos** (ou **carbeto**, a depender do autor) que o **cromo**. Dessa forma, regiões do cristalino do material não perdem cromo (principal elemento que garante a resistência à corrosão, pois forma óxido de cromo no processo de passivação do aço). Assim, as regiões intergranulares não ficam com déficit de cromo, pois ele não formou carboneto de cromo com o carbono (Cr_3C_2 ou Cr_7C_3 ou Cr_{23}C_6) e, assim, mantém sua presença para garantir a resistência à corrosão.

Gabarito: correto.

14. (CESPE/CESAN – Analista Operacional - Mecânica - 2005)

Dentro da família dos metais, as ligas ferro-carbono constituem o grupo de materiais mais largamente utilizado na construção mecânica, fato evidenciado pela variedade de tipos disponibilizados aos engenheiros pela indústria siderúrgica. Acerca desses materiais, julgue o item seguinte.

Um aço ABNT 1040 tem 0,4% de carbono e não possui outros elementos considerados de liga na sua composição.

Certo () Errado ()

Comentário:

Apesar de eu achar uma **bos**** esse tipo de questão (pois, por mais que o processo siderúrgico seja perfeito, sempre existirá outros elementos na liga do aço), a classificação ABNT para o aço 1040, que começa com “10”, temos um aço-carbono comum, sem outros elementos de liga na sua composição. Perceba que esse é o entendimento da CESPE/CEBRASPE para esse tipo de cobrança específica. Lembre-se da nossa tabelinha e fique esperto para as minhas dicas que dei na aula:

Designação		Tipos de aço
AISI-SAE	UNS	
10XX	G10XXX	Aços-carbono comuns
11XX	G11XXX	Aços de usinagem fácil, com alto teor de Enxofre (S)
12XX	G12XXX	Aços de usinagem fácil, com alto teor de Fósforo (P) e Enxofre (S)
15XX	G15XXX	Aços-Mn com Manganês (Mn) acima de 1,0 %



13XX	G13XXX	Aços-Mn com 1,75% de Mn médio
40XX	G40XXX	Aços-Mo com 0,25% de Molibdênio (Mo) médio
41XX	G41XXX	Aços-Cr-Mo com 0,40 a 1,10% de Cromo (Cr) - 0,08 a 0,35% de Mo.
43XX	G43XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 1,65 a 2,0% de Níquel (Ni) - 0,4 a 0,9% de Cr - 0,20 a 0,30% de Mo
46XX	G46XXX	Aços-Ni-Mo com 0,70 a 2,0% de Ni - 0,15 a 0,30% de Mo
47XX	G47XX	Aços-Ni-Cr-Mo com 1,05% de Ni, 0,45% de Cr - 0,20% de Mo.
48XX	G48XXX	Aços-Ni-Mo com 3,25 a 3,75% de Ni – 0,20 a 0,30% de Mo.
51XX	G51XXX	Aços-Cr com 0,70 a 1,10% de Cr.
E51100	G51986	Aços-cromo (forno elétrico) com 1,00% de Cr.
E52100	G52986	Aços-cromo (forno elétrico) com 1,45% de Cr.
61XX	G61XXX	Aços-Cr-V com 0,60 ou 0,95% de Cr e 0,1% ou 0,15% de Vanádio (V) min.
86XX	G86XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,55% de Ni – 0,50% de Cr – 0,20% de Mo.
87XX	G87XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,55% de Ni – 0,50% de Cr – 0,25% de Mo.
88XX	G88XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,55% de Ni – 0,50% de Cr – 0,30 a 0,40% de Mo.
9260	G92XXX	Aços-Si com teor de 1,80 a 2,20% de Silício (Si)
50BXX	G50XXX	Aços-Cr com 0,20 a 0,60% de Cr – 0,0005 a 0,003% de Boro (B)
51B60	G51601	Aços-Cr com 0,80% de Cr – 0,0005 a 0,003% de Boro (B)
81B45	G81451	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,30% de Ni – 0,45% de Cr – 0,12% de Mo – 0,0005 a 0,003% de B.
94BXX	G94XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,45% de Ni – 0,40% de Cr – 0,12% de Mo – 0,0005 a 0,003% de B.

Gabarito: correto.

15. (CESPE/Petrobrás – Técnico de Inspeção de Equipamentos e Instalação - 2004)

Um lote de cinco materiais diferentes foi recebido pelo almoxarifado de uma empresa montadora. Os certificados dos materiais informavam tratar-se de metais diversos, cujas composições químicas estão abaixo transcritas:

I 0,25% C; 1,00% Mn; 0,40 % Si; 0,04% S; 0,02% P.

II 0,08% C; 2,00% Mn; 1,00% Si; 18,00% Cr; 8,00% Ni; 0,03% S; 0,03% P.

III 0,40% C; 0,90% Mn; 0,40% Si; 0,90% Cr; 0,20% Mo; 0,02% S; 0,02% P.

IV 3,00% C; 0,80% Mn; 2,80% Si; 0,20% S; 0,40% P.

V 0,40% Fe; 0,05% Mn; 0,25% Si; 0,05% Cu; 0,05% Mg; 0,05% Zn; 0,03% Ti; 99,17% AR.



Julgue os itens seguintes quanto ao tipo e à classe de metal recebido pelo almoxarifado

O material II é um aço baixo-carbono equivalente ao aço ABNT 1008.

Certo () Errado ()

Comentário:

Veja lá, Coruja, a importância de termos os “padrões” de memorização dos principais detalhes. Quando mostrei a tabela de classificação da ABNT dos aços, você percebeu muitas informações de teores de elementos de liga. Todavia, nenhum deles precisávamos memorizar para essa questão. Veja que o aço 1008 terá 0,08% de carbono na liga, sendo da série 10 que é **aço comum**! Veja que na nossa tabela não temos elemento de liga para essa classificação!

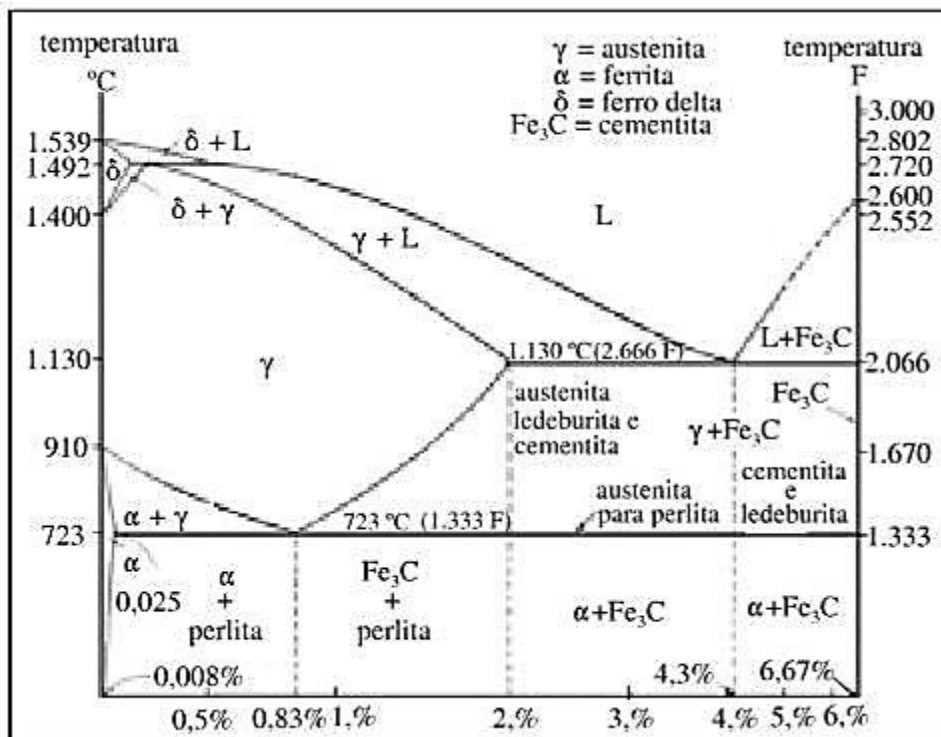
Designação		Tipos de aço
AISI-SAE	UNS	
10XX	G10XXX	Aços-carbono comuns
11XX	G11XXX	Aços de usinagem fácil, com alto teor de Enxofre (S)
12XX	G12XXX	Aços de usinagem fácil, com alto teor de Fósforo (P) e Enxofre (S)
15XX	G15XXX	Aços-Mn com Manganês (Mn) acima de 1,0 %
13XX	G13XXX	Aços-Mn com 1,75% de Mn médio
40XX	G40XXX	Aços-Mo com 0,25% de Molibdênio (Mo) médio
41XX	G41XXX	Aços-Cr-Mo com 0,40 a 1,10% de Cromo (Cr) - 0,08 a 0,35% de Mo.
43XX	G43XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 1,65 a 2,0% de Níquel (Ni) - 0,4 a 0,9% de Cr - 0,20 a 0,30% de Mo
46XX	G46XXX	Aços-Ni-Mo com 0,70 a 2,0% de Ni - 0,15 a 0,30% de Mo
47XX	G47XX	Aços-Ni-Cr-Mo com 1,05% de Ni, 0,45% de Cr - 0,20% de Mo.
48XX	G48XXX	Aços-Ni-Mo com 3,25 a 3,75% de Ni – 0,20 a 0,30% de Mo.
51XX	G51XXX	Aços-Cr com 0,70 a 1,10% de Cr.
E51100	G51986	Aços-cromo (forno elétrico) com 1,00% de Cr.
E52100	G52986	Aços-cromo (forno elétrico) com 1,45% de Cr.
61XX	G61XXX	Aços-Cr-V com 0,60 ou 0,95% de Cr e 0,1% ou 0,15% de Vanádio (V) min.
86XX	G86XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,55% de Ni – 0,50% de Cr – 0,20% de Mo.
87XX	G87XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,55% de Ni – 0,50% de Cr – 0,25% de Mo.
88XX	G88XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,55% de Ni – 0,50% de Cr – 0,30 a 0,40% de Mo.
9260	G92XXX	Aços-Si com teor de 1,80 a 2,20% de Silício (Si)
50BXX	G50XXX	Aços-Cr com 0,20 a 0,60% de Cr – 0,0005 a 0,003% de Boro (B)
51B60	G51601	Aços-Cr com 0,80% de Cr – 0,0005 a 0,003% de Boro (B)
81B45	G81451	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,30% de Ni – 0,45% de Cr – 0,12% de Mo – 0,0005 a 0,003% de B.



94BXX	G94XXX	Aços-Ni-Cr-Mo com 0,45% de Ni – 0,40% de Cr – 0,12% de Mo – 0,0005 a 0,003% de B.
-------	--------	---

Gabarito: errado.

16. (CESPE/PF – Perito Criminal Federal – 2004)



As microestruturas das ligas metálicas podem ser controladas e modificadas por processos termo/químico/mecânicos, resultando em alteração substancial das propriedades mecânicas da liga. Considerando o diagrama Fe-C mostrado acima, julgue o item que se segue.

Os chamados aços microligados ou aços de baixa liga e alta resistência (HSLA) são aços estruturais cuja resistência, maior que a dos aços-carbono comuns, é devida à adição de pequenas quantidades de elementos de liga, em vez de tratamentos térmicos. Apresentam as vantagens de serem dúcteis, conformáveis, soldáveis sem necessidade de preocupações especiais e têm boa resistência à corrosão.

() Certo () Errado

Comentário:

Conforme vimos em aula, Estrategista, de fato, esse tipo de aço constitui um grupo que, por conta da adição de elementos de liga específicos, possuem diferentes **vantagens** aos aços comuns, bem como **resistências** elevadas e de diferentes tipos (mecânica, térmica, corrosiva, etc) a depender dos elementos. Conforme vimos, diferentes classificações desses aços são propostas e uma delas é quanto a sua **aplicação**



na engenharia. Dentre as diferentes aplicações, temos os **aços estruturais**. Esses aços são famosos por serem **dúcteis** e **conformáveis**, além de conciliarem boa **soldabilidade** e boa **resistência à corrosão**.

Gabarito: correto.

17. (CESPE/PF – Perito Criminal Federal – 2004)

A grande vantagem do alumínio e suas ligas é a relação peso específico/resistência mecânica. O Al puro (99,99%) tem baixa resistência à tração, da ordem de 35 MPa; entretanto, a adição de elementos de liga e a realização de trabalho a frio e tratamentos térmicos permitem aumentar a resistência à tração para valores acima de 80 MPa. Acerca das ligas de alumínio, julgue o item seguinte.

A designação 2024-T3 indica que se trata de uma liga tratada termicamente para solubilização e então trabalhada a frio.

() Certo () Errado

Comentário:

Exatamente, Coruja! Conforme vimos, temos algumas regrinhas de classificação das ligas de alumínio, tanto as **forjadas**, quanto as **fundidas**. Na lavra da doutrina³⁹ majoritária, a composição para ambos os tipos é especificada pelo conjunto de um número de **4 dígitos** (que indicam as principais impurezas da liga como, em alguns casos, o número de pureza), como, por exemplo, alumínio 2024 (de acordo com a ASTM – *American Society for Testing Materials*). Depois, dos quatro dígitos vem o **hífen** com um número de **um a três dígitos** que vão indicar ou o **tratamento mecânico** ou **térmico** que a liga sofreu. Por exemplo, 2024-T3, temos um alumínio com uma série de elementos de liga em diferentes teores (cobre, ferro, zinco, Manganês, etc – nem precisa esquentar com esses valores) que sofreu **solubilização** e **encruamento** (trabalho a frio).

É muito triste questões que cobram essa pura decoreba. Mas, infelizmente ou felizmente, é bom termos em nosso ciclo de estudo, pelo menos, as designações dos tratamentos mecânicos e térmicos, pois algumas bancas (como a CESPE acima), pode cobrar. Vamos lembrar, Coruja?

- **T3** = a liga foi **solubilizada** e **encruada** (sofreu trabalho a frio);
- **T4** = a liga foi **solubilizada** e **envelhecida à temperatura ambiente** (naturalmente);
- **T6** = a liga foi **solubilizada** e **envelhecida artificialmente** (submetida a temperaturas de 115 a 190°C depois do resfriamento rápido);

³⁹ Callister, W.D. Jr; Rethwish, D.G. Materials Science and Engineering: An Introduction. Editora: LTC, 8ª edição, Rio de Janeiro, 2012.



- **T8** = a liga foi **solubilizada, encruada** e **endurecida por precipitação** (que é a mesma coisa que ser **envelhecida** e, no caso dessa sigla, conforme aponta a literatura, **artificialmente**);

Gabarito: correta.

18. (CESPE/PF – Perito Criminal Federal – 2004)

Parafusos são elementos mecânicos cuja característica principal é manter dois elementos estruturais unidos por meio da pré-carga aplicada no aperto. Considerando a necessidade de selecionar o material para parafusos que irão trabalhar sob carregamento estático a uma temperatura relativamente elevada, julgue o item subsequente.

Aços de baixo teor de carbono seriam uma boa opção pela facilidade de fabricar as rosca por processo de conformação, o que daria maior capacidade de carga aos parafusos.

() Certo () Errado

Comentário:

Realmente, Coruja, temos um aço com elevada conformabilidade, pois é um aço com baixo teor de carbono, que implica um aço com maior ductilidade, sendo mais fácil a fabricação por conformação. Todavia, por conta disso, ele não teria elevada capacidade de carga, pois o limite de escoamento dele é, também, mais **baixo**. Assim, em cargas elevadas de aperto, por exemplo, ele iria se deformar.

Gabarito: errada.

19. (CESPE/PF – Perito Criminal Federal – 2004)

A grande vantagem do alumínio e suas ligas é a relação peso específico/resistência mecânica. O Al puro (99,99%) tem baixa resistência à tração, da ordem de 35 MPa; entretanto, a adição de elementos de liga e a realização de trabalho a frio e tratamentos térmicos permitem aumentar a resistência à tração para valores acima de 80 MPa. Acerca das ligas de alumínio, julgue o item seguinte.

Ligas de alumínio em geral são passíveis de envelhecimento artificial, um tratamento térmico comum em ligas que sofreram encruamento e que consiste no aquecimento à temperatura de 150 °C, por algumas horas, seguido de resfriamento lento. Esse processo produz ductilidade e estabilidade dimensional. Um uso bastante comum desse tratamento é a aplicação de rebites em estruturas aeronáuticas.

() Certo () Errado

Comentário:



Conforme vimos, Coruja, em ligas de **alumínio**, de fato, temos o tratamento térmico de **envelhecimento** (que nada mais é que um **endurecimento por precipitação** de outros elementos de liga). Todavia, vimos que temos dois tipos: o **envelhecimento natural** e o **envelhecimento artificial**. Em ambos, temos a liga de alumínio (como, por exemplo, a mais comum - liga alumínio e cobre) submetida a temperaturas **superiores a 500°C** (cerca de 540°C a depender do teor de cobre). Depois disso, temos o **resfriamento rápido**. Nessa etapa é que ocorre ou o envelhecimento natural (a liga descansa em temperatura ambiente, por cerca de 2 dias) ou envelhecimento artificial (no qual a liga é submetida a temperaturas superiores a ambiente - de 115 a 190°C - por algumas horas a fim de atingir a precipitação dos elementos de liga).

Ou seja, pegou o erro da assertiva, Coruja? Primeiro, no **envelhecimento artificial** a liga também é submetida a temperaturas superiores a 150°C, como no envelhecimento natural. Segundo, em ambos o **resfriamento** é **rápido** (não é lento, como afirma a questão). Aí, no artificial, temos o retorno a temperaturas superiores a ambiente por algumas horas.

Gabarito: errada.

20. (CESPE/EMAP – Engenharia Mecânica - 2018)

Com base nos conceitos da mecânica dos materiais, julgue o item a seguir.

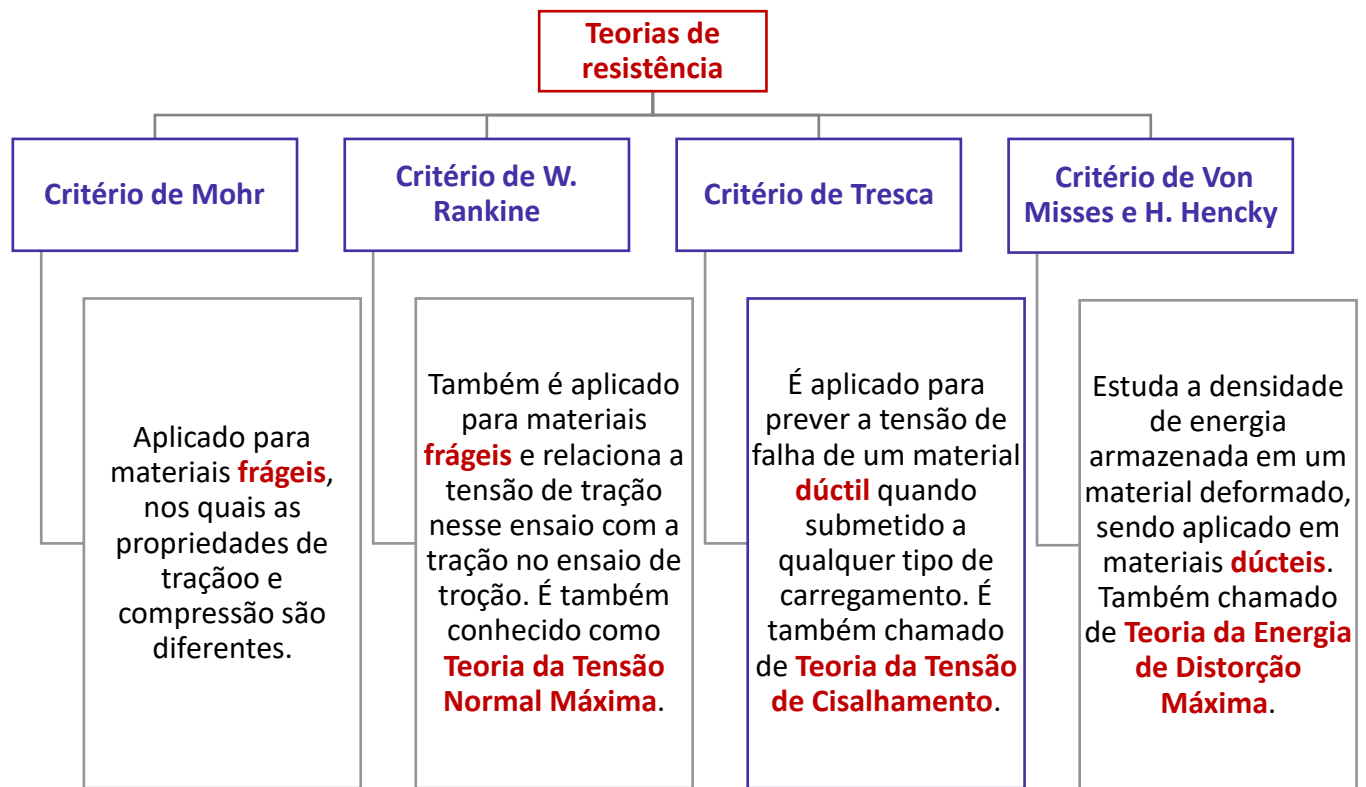
A ruptura de um material submetido a um estado multiaxial de tensões pode ser prevista por teorias ou critérios de falha. Para uma peça de ferro fundido cinzento submetida a uma torção e a uma carga axial, o dimensionamento deve ser feito com base nas teorias de máxima tensão cisalhante — critério de Tresca — e teoria da máxima energia de distorção — critério de von Mises/Hencky.

() Certo () Errado

Comentário:

Coruja, essa é uma questão que nos cobra o conhecimento sobre os **critérios** a fim de definir um limite de ruptura para cada natureza de material. Logo, lembre-se do nosso esquema:





Oras, perceba, Coruja, que o enunciado trata do **ferro fundido cinzento**! Vimos em aulas passadas que uma característica dessa liga, por conta do alto teor de carbono, é ter elevada **dureza** e, também, alta **fragilidade**. Dessa forma, a assertiva erra, pois os critérios corretos deveriam ser o de Mohr ou de Rankine.

Gabarito: errado.

Cesgranrio

21. (Cesgranrio/Transpetro – Engenheiro Júnior - Mecânica – 2018)

Um engenheiro pretende desenvolver uma mola que absorva a maior energia sem deformação plástica. No almoxarifado da companhia, existem cinco materiais cujas propriedades mecânicas, obtidas de um ensaio de tração, estão apresentadas na Tabela abaixo.



Material	Módulo de Young (GPa)	Limite de Escoamento (MPa)	Limite de Resistência Mecânica (MPa)
I	69	95	110
II	117	70	220
III	200	250	400
IV	125	250	300
V	0,5	20	30

Que material esse engenheiro deve escolher?

- a) V
- b) IV
- c) III
- d) II
- e) I

Comentário:

Questão simples, fácil e interessante! Oras, se o material tem que “absorver energia sem entrar no campo de deformação plástica”, estamos falando de qual propriedade, Coruja? É a **resiliência**! Lembre-se que ela consiste na capacidade do material de absorver e devolver energia dentro do regime elástico (deformação não permanente). Assim, queremos escolher o melhor material para essa mola. Se analisarmos a tabela, perceberemos que apesar dos limites de escoamento e resistência mecânica serem pequenos, o material V possui um **Módulo de Young (E)** menor ainda. Oras, esse já é um indício de que esse material PODE ser o escolhido, pois vimos em aula passada que o módulo está associado com a inclinação da reta no gráfico **tensão x deformação**.

Além disso, vimos que temos uma fórmula de calcular a resiliência do material, sendo obtida pela área do gráfico abaixo da curva no regime elástico ou pela fórmula a seguir (como não temos a curva, devemos utilizar a fórmula):

$$U_r = \frac{\sigma_y^2}{2.E};$$

Agora, aplicando a fórmula para cada material, temos:

- Material I: 0,065 Mpa;



- Material II: 0,021 Mpa;
- Material III: 0,016 Mpa;
- Material IV: 0,250 Mpa;
- Material V: 0,400 Mpa;

Logo, o material com maior resiliência é o material V, como poderíamos inferir. Na hora da prova, Coruja, talvez você não precisasse fazer tanto cálculo e perder tempo. Perceba, pela tabela, que o módulo de elasticidade é **muito menor** no material V. Oras, analise a fórmula. Veja que você teria uma fração dividindo o valor da tensão de escoamento. Mesmo que a tensão de escoamento também seja menor, quando comparada com o módulo de Young desse material, é menos vezes menor que os dos demais. Assim, com certeza, teríamos uma resiliência maior depois da divisão.

Gabarito: "a".

FCC

22. (FCC/EMAE-SP – Engenheiro - Mecânica – 2018)

São exemplos de tipos de materiais utilizados na indústria fabril:

- a) metálicos ferrosos: bloco de motor, trilho de trem e face metálica de placa de circuito impresso eletrônico.
- b) metálicos não ferrosos: painéis de alumínio, guarnições de latão e contatos elétricos de interruptores.
- c) não metálicos naturais: madeira, cerâmica e vidro.
- d) metálicos ferrosos: prego, borracha condutora de corrente elétrica e asbesto
- e) não metálicos sintéticos: pneus, couro e asbesto.

Comentário:

Olha aí, Estrategista! Questãozinha muito tranquila que trata sobre diferentes pontos da matéria e, com o bom senso você matava. Vamos analisar cada alternativa:

Letra "a": errada! Oras, de fato, o bloco de motor de um automóvel, por exemplo, pode ser produzido por ligas metálicas ferrosas (que contém ferro em sua composição), como o **ferro fundido**. Além disso, o trilho de trem, normalmente, são produzidos em **aços carbono** com foco na boa resistência mecânica e boa resistência ao desgaste. Todavia, a alternativa erra ao afirmar que a face metálica de placa de circuito eletrônico é feito de ligas ferrosas. Normalmente, elas são constituída por uma camada muito fina de ligas de **cobre** não ferrosas;

Letra "b": exatamente! Todos os exemplos, de fato, não são constituídos ou formados por ligas metálicas ferrosas;



Letra “c”: errada! Essa alternativa é mal formulada, porque o que ela quer dizer com “natural”? Oras, madeira pode ser natural ou pode ser derivada de processos industriais, artificiais, como o vidro que é um tipo de material cerâmica produzido a partir da **fusão** da **sílica cristalina** – SiO_2 , tornando-se, posteriormente, não cristalino. Por conta disso, ela não é o gabarito da questão;

Letra “d”: errada! A borracha não é um material metálico e, muito menos, uma liga ferrosa. A borracha é um tipo de elastômero (material polimérico). Além disso, o asbesto é um tipo de material formado por fibras naturais e formador do amianto;

Letra “e”: errada! Couro pode ser sintético ou natural e o asbesto, como vimos é uma fibra natural que dá vida ao amianto. Pneus são borrachas que sofreram o processo de vulcanização, constituindo um material polimérico sintético;

Gabarito: “b”.

Cesgranrio

23. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – Mecânica – 2018)

Ao selecionar um material metálico para uma aplicação em que este estará em serviço a uma temperatura de aproximadamente 700°C , o material a ser utilizado é o(a)

- a) aço carbono.
- b) liga de zinco.
- c) liga de alumínio.
- d) liga de chumbo.
- e) liga de níquel.

Comentário:

Como vimos em aula, Coruja, lembre-se sempre que o elemento protagonista para **aumentar a resistência** da liga em **altas temperaturas** é o **níquel!** Os demais elementos possuem valores muito mais baixos que o proposto no serviço fictício do enunciado!

Vamos recordar os demais? Veja:

- **Aço carbono (sem elementos de liga adicionais):** tem resistência em torno de 500°C (a depender do autor, é indicado seu uso em serviços de 450 até 550°C);
- **Liga de zinco:** possui menor resistência ao calor (casa dos 400°C);
- **Liga de alumínio:** normalmente, fica em torno de 650°C a temperatura máxima de serviço;
- **Liga de chumbo:** menor valor de resistência ao calor, tendo como limite 330°C ;

Liga de níquel: maior valor de resistência ao calor, passando da casa dos 700°C (normalmente)



Gabarito: “e”.

24. (Cesgranrio/Petrobrás – Técnico(a) de Manutenção – 2017)

Entre os elementos relacionados a seguir, aquele que estabiliza a fase ferrita nos aços inoxidáveis é o

- a) cromo
- b) níquel
- c) cobre
- d) carbono
- e) nitrogênio.

Comentário:

Estrategista, essa é uma questão que considero de suma importância para seu estudo. Não pela sua dificuldade, pois tenho certeza que por ter mencionado o aço inoxidável, você pensou no **cromo** e marcou o gabarito da questão na letra “a”. Todavia, atente-se para um conceito muito importante que ela lida.

Vimos que temos algumas classificações de aços quando estudamos na aula essa liga. Uma delas é quanto a **estrutura**. Lá mostrei, dois “tipos” dentre vários: os **austeníticos** e os **ferríticos**. Vamos lembrar:

- **Austeníticos:** são aqueles que possuem microestrutura ainda austenítica na temperatura ambiente devido à presença de certos elementos de liga que vão **estabilizar** a fase da austenita, como o **níquel (Ni)**, **manganês (Mn)** ou **cobalto (Co)**. Dessa forma, grave que os **aços inoxidáveis, os não-magnéticos e os resistentes ao calor** fazem parte desse subgrupo;
- **Ferríticos:** como já vimos em aula passada, eles possuem **baixíssimo teor de carbono** e elevados teores de outros elementos como **cromo (Cr)**, **tungstênio (W)** e **silício (Si)**. Além disso, eles não costumam reagir ao tratamento de têmpera e quando recozidos podem apresentar pequenos teores de cementita (Fe_3C) na microestrutura ferrítica predominante. Também teremos **aços inoxidáveis ferríticos**;

Perceba que a questão pode gerar dúvida, porque ela pergunta sobre **qual elemento** estabiliza a fase **ferrita** no aço inoxidável (e não a austenita). Logo, se ela perguntasse qual seria o elemento que estabiliza a fase austenítica no aço inoxidável (vimos que esse aço é um tipo de aço austenítico) não seria o cromo e, sim, o **níquel**. Logo, a fase ferrítica é estabilizada pela presença de cromo. Achei pertinente fazer esse comentário, pois tenho certeza que se o enunciado tivesse tratado de outra fase, muitos errariam.

Gabarito: “a”.

25. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica – 2014)



A fratura intergranular é caracterizada pela propagação

- a) por clivagem e com alta absorção de energia.
- b) por dentro dos grãos e com baixa absorção de energia.
- c) ao longo dos contornos dos grãos e com baixa absorção de energia.
- d) ao longo dos contornos dos grãos e com alta absorção de energia.
- e) ao redor das inclusões e com alta absorção de energia.

Comentário:

Apesar de ser uma questão sobre fratura, ela envolve um conhecimento sobre inclusões. Esse tipo de fratura (intergranular), Coruja, ocorre entre os limites dos grãos que forma a microestrutura do material. Normalmente, ela se forma a partir de uma trinca perpendicular à aplicação da força que exerce a tensão. Ela é também chamada de fratura frágil, pois é comum acontecer logo depois de cessado o regime elástico do material (exige baixa absorção de energia), cuja deformação, como vimos é não permanente. Dessa forma, ela surge justamente por uma diferença entre a resistência mecânica do contorno entre os grãos e o seu interior, podendo ter origem de precipitações nessas regiões. Por conta dessas características, a alternativa correta é a letra “c”. Vejamos as demais:

Letra “a”: errada, pois a fratura por clivagem é de característica **transgranular** (ocorre a ruptura interna dos grãos). Alternativa errada;

Letra “b”: como vimos na explicação acima, ela ocorre entre os grãos, no contorno deles (intergranular). Alternativa errada;

Letra “c”: tchierto! Alternativa correta!

Letra “d”: de fato, é ao longo dos contornos dos grãos. Todavia, como vimos, ela tem como característica a **baixa** absorção de energia, pois ocorre logo após o regime elástico do material (não há deformação plástica significativa, com absorção de energia por ele, rompendo logo depois de atingido o limite de proporcionalidade do material). Alternativa errada;

Letra “e”: pode-se inferir que as inclusões tenham relação com a características da fratura intergranular, por conta da formação de precipitados. Todavia, como vimos, ela **não** tem alta absorção energética. Alternativa errada.

Gabarito: "c".

26. (Cesgranrio/Petrobrás Técnico de Manutenção Júnior - Calderaria – 2012)

Nos aços de alta resistência e baixa liga, o principal mecanismo de endurecimento é o endurecimento por

- a) solução sólida substitucional
- b) solução sólida intersticial



- c) formação de carbeto
- d) precipitação de intermetálicos
- e) encruamento.

Comentário:

Oras, Estrategista, conforme vimos, o principal mecanismo endurecedor é a formação da nossa boa e velha **cementita** (carbeto ou carboneto de ferro – Fe_3C) que eleva a dureza da nossa liga ferro-carbono. Nesse sentido, a **formação de carbeto** é o principal mecanismo nos aços de alta resistência (alta dureza, por exemplo) e baixa liga (baixo teor de elementos de liga). Os outros mecanismos também podem contribuir, mas nenhum é o principal.

Gabarito: “c”.

27. (Cesgranrio/Innova S.A. – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2012)

A seleção de materiais sujeitos a falhas por fratura frágil deve priorizar as seguintes propriedades:

- a) densidade e ductilidade.
- b) limite de escoamento e dureza.
- c) energia absorvida por impacto e temperatura de transição.
- d) potencial eletroquímico e módulo de elasticidade.
- e) resistência à fluência e limite de escoamento.

Comentário:

Estrategista, perceba que a questão nos pede qual são as propriedades que devemos **priorizar** (e não que somente elas são necessárias para a seleção do material), a fim de escolhermos um material sujeito a fratura frágil!

Oras, é claro que para nossa análise, devemos considerar a **energia absorvida por impacto** (como aquela que ocorre por meio de ensaios de impacto Charpy e Izod, por exemplo) e a **temperatura de transição** que caracteriza a fratura do tipo frágil-dúctil. Vimos que por meio do **ensaio de impacto**, lá na aula de ensaios, temos um comportamento (a depender da liga metálica e sua composição) de fratura dúctil ou frágil, conforme se muda a temperatura do corpo de prova.

Conforme vimos, temos, para grande parte das ligas, uma faixa de temperatura de transição na qual a fratura terá diferentes graus de absorção energética por impacto para a fratura. Dessa forma, a relação entre temperatura de transição e energia absorvida compõe as duas principais propriedades para se avaliar na seleção desses materiais dentre as demais expostas.



Gabarito: “c”.

28. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior - Mecânica – 2010)

Os materiais para implante ou próteses devem ser biocompatíveis com os tecidos e os líquidos do corpo humano, resistentes à corrosão e, também, mecanicamente compatíveis com os componentes da interface prótese/corpo humano. Nessa perspectiva, um material adequado e com um bom custo-benefício para fabricação de uma haste femoral é o(a)

- a) aço inoxidável 440
- b) duralumínio.
- c) liga de aço 4340
- d) liga de titânio Ti-6Al-4V.
- e) liga de magnésio AZ31D.

Comentário:

Estrategista, eu sou veementemente contra esse tipo de cobrança decoreba. Acredito que seja muito prejudicial e desanimador ter que decorar aplicações de cada material. Todavia, vimos em nossa parte teórica as aplicações tanto das ligas ferrosas (como aço e seus tipos), quanto das não ferrosas. Sugiro que você de tempos em tempos leia aquelas tabelas que adaptei para você, colocando somente o que você precisa. Vejamos:

Letra “a”: errada! Na verdade, esse aço inoxidável (440) é utilizado para estruturas que são aparafusadas ou rebitas, sem qualquer menção para uso de próteses. Podem ser utilizados em instrumentos cirúrgicos e odontológicos, mas não como prótese para viver no organismo humano;

Letra “b”: errada! A duralumínio é, na verdade, o nome comercial dado a classe de ligas cuja base contém alumínio e outros elementos de liga, como cobre, magnésio, manganês e silício. Também não é indicada para esse tipo de aplicação do enunciado;

Letra “c”: errada! O aço 4340 é uma liga de aço carbono comum utilizada para aplicações em buchas, tubulações e aeronaves e não como próteses biocompatíveis;

Letra “d”: correta! Conforme vimos em aula, o titânio (e quero que você grave isso) forma liga (como a Ti-6Al-4V) com o alumínio e o vanádio com alta resistência mecânica e passível de ser utilizada com próteses biocompatível devido a sua grande estabilidade e baixa reatividade com o meio em temperaturas ambientes e “normais” (não elevadas);

Letra “e”: errada! Nenhuma liga de magnésio que vimos possui tal aplicação. Todas elas não possui qualquer aplicação com próteses biocompatíveis.



Gabarito: "c".

29. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – Mecânica - 2010)

A fibra de carbono é um material de alto desempenho, utilizado como reforço em compósitos avançados com matriz polimérica. Uma razão para a referida aplicação é que essas fibras

- a) não retêm os seus elevados módulos de tração e assuas grandes resistências, mesmo em temperaturas elevadas.
- b) envolvem processos de fabricação excessivamente caros, que não possuem uma boa relação custo-benefício.
- c) são afetadas pela umidade ou por uma grande variedade de solventes, ácidos e bases, na temperatura ambiente.
- d) exibem pouca diversidade de características físicas e mecânicas, o que não permite que os compósitos que as incorporam possuam propriedades especificamente engenheiradas.
- e) possuem os maiores módulos específicos e as maiores resistências específicas dentre todos os materiais de reforço como fibra.

Comentário:

Veja, Estrategista, uma questão sobre materiais **compósitos** e, mais especificamente, tratando sobre a **fibra de carbono**. Conforme vimos, os **materiais compósitos** são aqueles constituídos por uma certa **mistura** de fases de vários macrocomponentes. Nessa seara, temos a mistura de **metais, cerâmicas e polímeros** a fim de formar materiais com características específicas, melhorando suas **propriedades** em serviços específicos. Por exemplo, **melhoria de tenacidade, rigidez e resistência mecânicas** em condições com **temperaturas muito baixas** ou **muito elevadas**. Vimos, também, que eles possuem **duas fases** distintas: **a matriz** e a **fase dispersa**.

Os principais tipos são as **fibras, partículas, lâminas, escamas** e **substâncias de enchimento**. A **fibra de carbono** é um desses tipos dentro do grupos de compósitos fibrosos que possuem a **fase dispersa** na forma de uma fibra. Normalmente, o objetivo de materiais compósitos reforçados com fibras é conciliar **alta resistência (e/ou rigidez)** em relação ao seu **peso**. Dessa forma, eles possuem os parâmetros de **resistência específica** (razão entre os limites de resistência à tração e o peso específico do material) e **módulo específico** (razão entre o **módulo de elasticidade – módulo de Young** – e o peso específico do material) bem desenvolvidos e acentuados.

Portanto, pelo exposto, percebe-se que a alternativa correta é a letra "e". Letra "a" está errada, pois eles podem possuir elevados módulos e resistências em elevadas temperaturas. A "b" está certa quanto ao custo de fabricação, mas erra em dizer que a relação custo-benefício não é boa, pois isso dependerá do serviço e da aplicação. A "c" é muito específica e não se pode generalizar para todo material compósito. A "d" é absurda, pois vai de encontro às definições básicas de materiais compósitos.

Gabarito: "e".



30. (Cesgranrio/BR Distribuidora – Engenheiro Júnior – 2010)

Os processos de conformação têm a característica de transformar a geometria da peça e, em muitos casos, alterar as propriedades mecânicas do material. O aparecimento da anisotropia na ductilidade e tenacidade associa-se

- a) ao alongamento das inclusões no sentido da deformação, que influenciam o processo de fratura e consequentemente as propriedades do material.
- b) ao alongamento das inclusões no sentido da deformação a quente, sendo que, quando se realiza a conformação a frio, as inclusões desaparecem e não influenciam a anisotropia do material.
- c) ao alongamento das inclusões no sentido da deformação a frio, sendo que, quando se realiza a conformação a quente, as inclusões desaparecem e não influenciam a anisotropia do material.
- d) à segregação dos elementos de liga que surgem durante o processo de conformação a frio.
- e) à alteração das propriedades das inclusões durante o processo de conformação pela ação da difusão entre as regiões da peça.

Comentário:

Questão tranquila que nos cobra o conceito de **anisotropia**, Coruja! **Anisotropia** é justamente um fenômeno no qual as **propriedades** de um dado material **variam** conforme a **direção** que elas são medidas. É justamente o contrário da **isotropia**. Em relação à ductilidade e a tenacidade, o **alongamento das inclusões**, conforme vimos, no sentido da deformação, influenciam na fratura e nas propriedades do material, justamente por afetarem a microestrutura dos cristalinos dos metais (justamente por impactarem na formação periódica do retículo).

Gabarito: "a".

31. (Cesgranrio/Innova S.A. – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2012)

Atualmente, encontra-se à disposição, para a utilização no setor industrial, uma expressiva gama de materiais de engenharia.

Os materiais cerâmicos de engenharia (cerâmicas avançadas) apresentam como principais características

- a) alta rigidez, muito baixa condutividade elétrica e inexistência de maleabilidade.
- b) alta rigidez, alta condutividade térmica e alta maleabilidade.
- c) baixa rigidez, baixa condutividade térmica e alta densidade.
- d) baixa rigidez, baixa resistência e inexistência de maleabilidade.
- e) baixa resistência, alta condutividade térmica e alta maleabilidade.

Comentário:



Tranquilidade, Coruja! Questão que nos cobra as propriedades dos materiais **cerâmicos**. Oras, vimos que eles são caracterizados por terem **elevada dureza**, **baixíssima ductilidade** (são **frágeis**) e **baixíssima condução elétrica** por conta da falta de elétrons livres no seu retículo (diferentemente dos metais) e baixa condutividade térmica (são considerados **refratários** inclusive).

Gabarito: “a”.

32. (Cesgranrio/BR Distribuidora – Engenheiro Júnior – 2010)

A seleção de materiais é uma atividade da Engenharia que envolve um processo de decisão não trivial, pois deve-se realizar uma escolha entre as propriedades, por vezes uma em detrimento de outra, em função das condições de utilização da peça. Para selecionar um material, deve-se considerar, além das questões econômicas, fatores como corrosão, desgaste e integridade estrutural. A seleção de um aço de alta resistência e baixa liga (ARBL ou, em inglês, HSLA) está relacionada à aplicação em

- a) ferramentas para conformação e usinagem em função da alta resistência mecânica e corrosão, como resultado da adição de ligas de cobre, vanádio, níquel e molibdênio.
- b) estruturas com alta resistência mecânica e com ductilidade aumentada pela adição de ligas de cobre, vanádio, níquel e molibdênio, o que confere adicionalmente alta resistência à corrosão.
- c) estruturas inoxidáveis, pela adição de cromo, mantendo o baixo teor de carbono e a alta resistência à tração.
- d) estruturas de uma elevada tensão de escoamento a aços de baixo teor de carbono. A adição de ligas em baixo teor é necessária para conferir ductilidade ao material, permitindo a conformação do mesmo.
- e) estruturas dúcteis, conformáveis e usináveis e com resistência mecânica aumentada pela adição de ligas de cobre, vanádio, níquel e molibdênio.

Comentário:

Essa uma questão pontual que nos cobra o conhecimento sobre os **aços de alta resistência e baixo teor de liga**, muito utilizado para **estruturas**, correspondendo ao um tipo de **aço estrutural**. De acordo com a doutrina⁴⁰, os aços pertencentes a esse tipo devem possuir elevadas **resistência mecânica**, melhores **resistências à corrosão atmosférica**, melhor **resistência ao choque** e ao **limite de fadiga** e elevar a relação entre **limite de escoamento** para o **limite de resistência à tração**, sem perder ductilidade, a trabalhabilidade e soldabilidade, devido a diferentes aplicações (pontes, reservatórios, aeronáutica, automobilismo, edifícios, etc). Dessa forma, todas essas características são atingidas pela adição de elementos de liga. São inúmeros elementos de liga, e cada um impacta de forma diferente. Para matar a

⁴⁰ Adaptado de CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7ª edição. São Paulo, 2005.



questão, é necessário ter uma noção do que cada elemento pode fazer no aço já que cada propriedade descrita pode ser atingida. Vejamos cada alternativa:

Letra “a”: esse tipo de aço não é empregado na construção de ferramentas para conformação e usinagem e, sim, para estruturas, conforme já exposto. Alternativa errada;

Letra “b”: o erro da alternativa está na afirmação de que o cobre, vanádio, níquel e molibdênio vão aumentar a ductilidade do aço, ao passo que, de acordo com a doutrina dominante, esses elementos aumentam a resistência mecânica e a resistência à corrosão, majoritariamente. Alternativa errada;

Letra “c”: o cromo em teores baixo, aumenta a resistência, limite elástico, tenacidade e resistência ao choque, como a literatura específica. Todavia, **menores teores de carbono** diminuiria a resistência à tração e não há aumentaria. De fato, eles os teores de carbono são mantidos em níveis mais baixos, por conta da queda na ductilidade, trabalhabilidade, resistência ao choque e soldabilidade. Alternativa capciosa e que pegou até o aluno de alto nível. Alternativa errada;

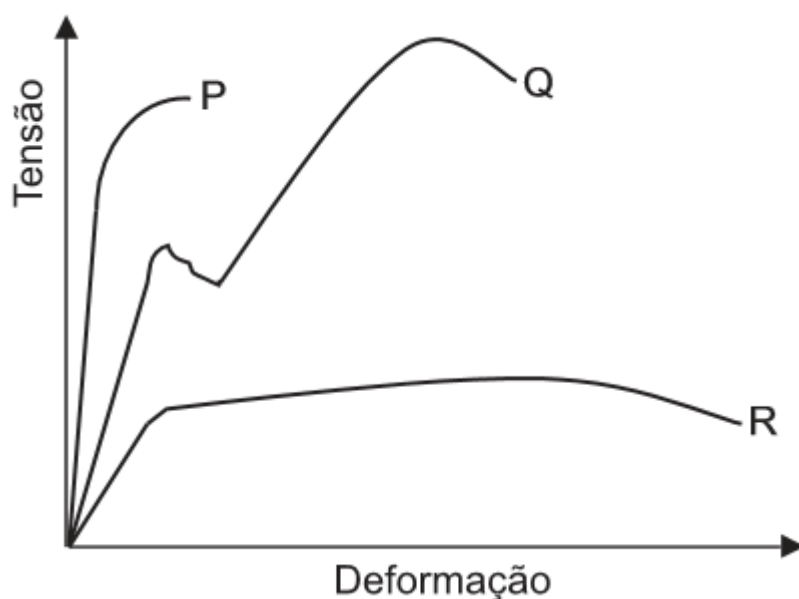
Letra “d”: não se pode generalizar dizendo que “a adição de ligas é necessária para conferir ductilidade ao material”, já que existem elementos que podem prejudicar essa propriedade do aço, como, por exemplo, o **fósforo**. Alternativa errada;

Letra “e”: perfeita e coerente! De fato, esse tipo de aços tem que ter ductilidade, trabalhabilidade, soldabilidade para serem conformáveis e usináveis a fim de garantir diferentes empregos em cada tipo de indústria e serviço. Além disso, todos os elementos citados conferem aumento na resistência mecânica, como na resistência à corrosão. Alternativa correta.

Gabarito: "e".

33. (Cesgranrio/Transpetro – Engenheiro Júnior - Mecânica – 2008)

Observe o gráfico abaixo.



Na seleção de materiais para as mais diversas aplicações estruturais, algumas das propriedades que devem ser observadas são: limite de escoamento; tensão de resistência; módulo de elasticidade e ductibilidade. Assim, com base no gráfico, os materiais que possuem o maior limite de escoamento, a maior tensão de resistência, o maior módulo de elasticidade e a melhor ductibilidade, respectivamente, são:

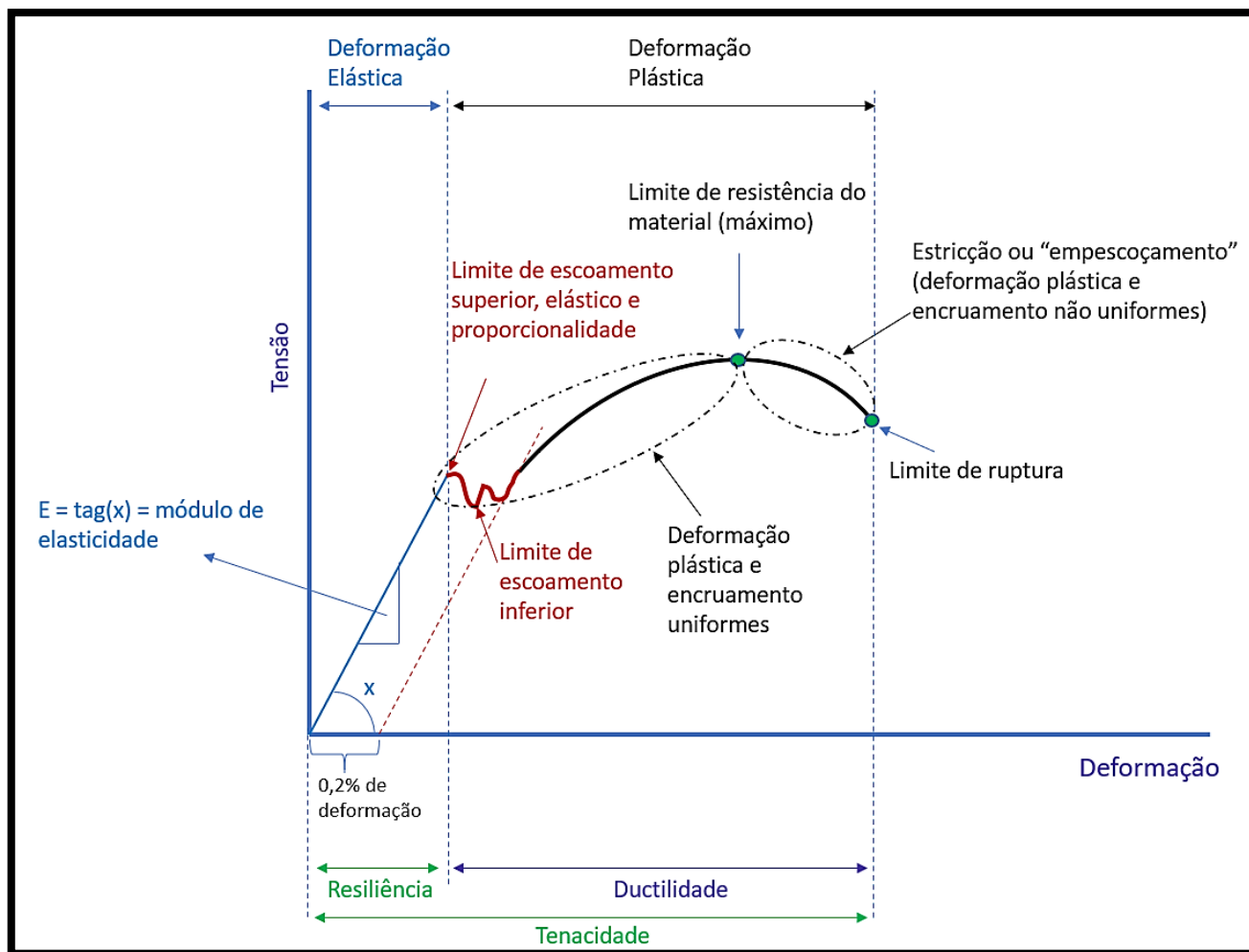
- a) P; P ; Q e R
- b) P; Q; P e R
- c) P; Q; Q e R
- d) Q; P ; P e R
- e) R; Q; P e Q.

Comentário:

Veja, Estrategista! Temos uma questão que envolve conhecimentos básicos de **propriedades** de materiais com foco na seleção de materiais para determinados serviços. Para responder à questão, temos que relembrar da nossa aula de ensaio dos materiais e, mais especificamente, do ensaio de tração.

Nesse ensaio, vimos as principais propriedades e limites que ocorrem quando o material é submetido a esforços de tração. Lembre-se que o **limite de escoamento**, de maneira simplificada, é o limite de fronteira entre o regime elástico (deformação não permanente) e o regime plástico (permanente), na análise simplificada (desconsiderando os limites de proporcionalidade e elástico que algumas bancas cobram). Além disso, sabemos que a tensão de **resistência** tem a ver com o Limite de Resistência à tração, ponto máximo de tensão no qual o material começa a sofrer estricção. O **módulo de elasticidade (ou de Young)** tem relação com a inclinação da curva (linear) no regime elástico, evidenciado a rigidez do material. E a **ductibilidade** é o grau de deformação que esse material sofre no regime plástico. Boa revisãozinha, certo? Oras, analisando o gráfico, temos que a alternativa correta é a letra “b”. Veja o gráfico que estudamos em aula passada para você recordar.





Gabarito: "b".

34. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2006)

Na seleção de materiais para a indústria mecânica, é comum utilizar polímeros derivados do petróleo. Gaxetas, tubulações e buchas são exemplos desta aplicação. Sobre esse assunto, são feitas as afirmativas a seguir.

- I - Os polímeros termoplásticos, como o PVC, podem ser utilizados em aplicações onde o material é aquecido e resfriado sem alterar suas propriedades, pois, ao aquecer, não ocorrem reações químicas.
- II - O náilon, por ser um termofixo, ao ser aquecido se transforma quimicamente e endurece, num processo chamado de "cura", sendo utilizado em aplicações onde o material é solicitado mecanicamente a uma alta temperatura.
- III - São utilizados "estabilizadores" para prevenir a degradação dos plásticos quando expostos à ação de luz e calor, à fratura por flexão continuada e à fratura por ação atmosférica prolongada.



Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s):

- a) II, apenas.
- b) I e II, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

Comentário:

Opa! Questão interessante, Coruja, pois traz aspectos gerais sobre alguns tipos de **polímeros** (materiais poliméricos). Vejamos cada assertiva:

I: perfeita! Como vimos, os **termoplásticos** são os materiais poliméricos que possuem cadeia linear e quando aquecidos sob determinada pressão, tem sua **consistência alterada** (indo de sólida a mole ou viscosa). Apesar disso, eles **não sofrem** reações químicas nesses processos, sendo sua forma reversível pelo reamolecimento. Nesse sentido, os termoplásticos podem amolecer quando submetidos ao calor em determinada pressão e, depois, quando resfriados, endurecer novamente. Como exemplo de termoplásticos, temos os formados por: **nitrocelulose, acetato de celulose, metacrilato de polimetila, poliestireno, cloreto de polivinila** (famoso, **PVC**), **polietileno** e o **náilon** (nome comercial para a **poliamida**);

II: errada, Coruja! Conforme vimos, o **náilon** (nome comercial da **poliamida**) **não** é um **termofixo** e, sim, um **termoplástico** (aí o erro da assertiva). Todavia, de fato, os **termofixos** possuem o processo de **cura** que nada mais é que uma **extensão** no tempo no qual o material é submetido ao calor, fazendo com que no começo da aplicação de calor os materiais termoestáveis do termofixo fiquem moles e plásticos (lembre-se que os termofixos são formados por polímeros em rede e possuem diferentes comportamentos em cada cadeia da rede). Depois dessa etapa, se o calor continua, ele atinge a cura, na qual ocorre uma **transformação química** que faz com ele o termofixo **endureça**. Assim, em aplicações em serviço desse material curado, se houver calor que aumente a sua temperatura, ele será mais resistente e não amolecerá (claro, até certo nível de temperatura);

III: certa! De fato, vimos que os **aditivos** são substâncias adicionadas nos plásticos com foco em alguns **objetivos** diferentes. Dentre as principais substâncias, temos os **estabilizadores**, os **materiais de enchimento** e os **plastificantes**. Oras, vimos que os **estabilizadores** são aqueles que promovem a **prevenção** ou **redução** do processo de **degradação** dos plásticos quando expostos à luz e ao calor. Além disso, também previnem o **auto-envelhecimento, oxidação, fratura por flexão continuada** e **fratura por ações atmosférica prolongada**;

Gabarito: “c”.



35. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2010)

Os materiais para implante ou próteses devem ser biocompatíveis com os tecidos e os líquidos do corpo humano, resistentes à corrosão e, também, mecanicamente compatíveis com os componentes da interface prótese/corpo humano. Nessa perspectiva, um material adequado e com um bom custo-benefício para fabricação de uma haste femoral é o(a)

- a) aço inoxidável 440.
- b) duralumínio.
- c) liga de aço 4340.
- d) liga de titânio Ti-6Al-4V.
- e) liga de magnésio AZ31D.

Comentário:

Estrategista, eu sou veementemente contra esse tipo de cobrança decoreba. Acredito que seja muito prejudicial e desanimador ter que decorar aplicações de cada material. Todavia, vimos em nossa parte teórica as aplicações tanto das ligas ferrosas (como aço e seus tipos), quanto das não ferrosas. Sugiro que você de tempos em tempos leia aquelas tabelas que adaptei para você, colocando somente o que você precisa. Vejamos:

Letra “a”: errada! Na verdade, esse aço inoxidável (440) é utilizado para estruturas que são aparafusadas ou rebitas, sem qualquer menção para uso de próteses. Podem ser utilizados em instrumentos cirúrgicos e odontológicos, mas não como prótese para viver no organismo humano;

Letra “b”: errada! A duralumínio é, na verdade, o nome comercial dado a classe de ligas cuja base contém alumínio e outros elementos de liga, como cobre, magnésio, manganês e silício. Também não é indicada para esse tipo de aplicação do enunciado;

Letra “c”: errada! O aço 4340 é uma liga de aço carbono comum utilizada para aplicações em buchas, tubulações e aeronaves e não como próteses biocompatíveis;

Letra “d”: correta! Conforme vimos em aula, o titânio (e quero que você grave isso) forma liga (como a Ti-6Al-4V) com o alumínio e o vanádio com alta resistência mecânica e passível de ser utilizada com próteses biocompatível devido a sua grande estabilidade e baixa reatividade com o meio em temperaturas ambientes e “normais” (não elevadas);

Letra “e”: errada! Nenhuma liga de magnésio que vimos possui tal aplicação. Todas elas não possui qualquer aplicação com próteses biocompatíveis.

Gabarito: “d”.



36. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2010)

As superligas são materiais que possuem combinações superlativas de propriedade, sendo comumente usadas na fabricação de

- a) carcaças de aviões e na indústria naval.
- b) implantes e próteses de alta resistência.
- c) magnetos de alta potência para trens-bala.
- d) turbinas de aviões e na indústria petroquímica.
- e) fuselagens e tubeiras de foguetes.

Comentário:

Questão horrorosa, Coruja. Isso porque em certo nível de interpretação e compreensão, outras alternativas poderiam ser consideradas corretas. Ou seja, quer dizer que na indústria naval inteira não podemos ter alguma peça específica a ser feita de uma superliga? “Tosqueira”...

Bom, esse tipo de material emprega alta resistência mecânica, com elevada ductilidade e estabilidade estrutural, além de alta resistência à corrosão. Por conta disso, são empregas em serviços de alto nível e super específicos, como e peças de motores de avião (como as turbinas) e, também, em equipamentos da indústria petroquímica. Esse é um entendimento comum e pacificado na literatura específica e, por isso, o gabarito é a letra “d”.

Gabarito: “d”.

37. (Cesgranrio/Petrobrás – Engenheiro de Equipamentos Júnior – 2010)

A fibra de carbono é um material de alto desempenho, utilizado como reforço em compósitos avançados com matriz polimérica. Uma razão para a referida aplicação é que essas fibras

- a) não retêm os seus elevados módulos de tração e assuas grandes resistências, mesmo em temperaturas elevadas.
- b) envolvem processos de fabricação excessivamente caros, que não possuem uma boa relação custo-benefício.
- c) são afetadas pela umidade ou por uma grande variedade de solventes, ácidos e bases, na temperatura ambiente.
- d) exibem pouca diversidade de características físicas e mecânicas, o que não permite que os compósitos que as incorporam possuam propriedades especificamente engenheiradas.



- e) possuem os maiores módulos específicos e as maiores resistências específicas dentre todos os materiais de reforço como fibra.

Comentário:

Veja, Estrategista, uma questão sobre materiais **compósitos** e, mais especificamente, tratando sobre a **fibra de carbono**. Conforme vimos, os **materiais compósitos** são aqueles constituídos por uma certa **mistura** de fases de vários macrocomponentes. Nessa seara, temos a mistura de **metais, cerâmicas e polímeros** a fim de formar materiais com características específicas, melhorando suas **propriedades** em serviços específicos. Por exemplo, **melhoria de tenacidade, rigidez e resistência mecânicas** em condições com **temperaturas muito baixas** ou **muito elevadas**. Vimos, também, que eles possuem **duas fases** distintas: **a matriz** e a **fase dispersa**.

Os principais tipos são as **fibras, partículas, lâminas, escamas** e **substâncias de enchimento**. A **fibra de carbono** é um desses tipos dentro do grupo de compósitos fibrosos que possuem a **fase dispersa** na forma de uma fibra. Normalmente, o objetivo de materiais compósitos reforçados com fibras é conciliar **alta resistência (e/ou rigidez)** em relação ao seu **peso**. Dessa forma, eles possuem os parâmetros de **resistência específica** (razão entre os limites de resistência à tração e o peso específico do material) e **módulo específico** (razão entre o **módulo de elasticidade – módulo de Young** – e o peso específico do material) bem desenvolvidos e acentuados.

Portanto, pelo exposto, percebe-se que a alternativa correta é a letra “e”. Letra “a” está errada, pois eles podem possuir elevados módulos e resistências em elevadas temperaturas. A “b” está certa quanto ao custo de fabricação, mas erra em dizer que a relação custo-benefício não é boa, pois isso dependerá do serviço e da aplicação. A “c” é muito específica e não se pode generalizar para todo material compósito. A “d” é absurda, pois vai de encontro às definições básicas de materiais compósitos.

Gabarito: "e".

Comperve

38. (Comperve/UFRN – Técnico de Laboratório - Eletromecânica – 2012)

Na seleção de determinado tipo de aço, utilizou-se a especificação segundo a nomenclatura ABNT 8640. Com base nessa nomenclatura, trata-se de um aço

Está correto o que se afirma em:

- a) carbono com 0,40% de carbono.
- b) liga cromo-níquel-molibdênio com 0,40% de carbono.
- c) liga cromo-vanádio com 40% de carbono.
- d) fundido com 4,0% de carbono.

Comentário:



Pois é, Coruja! Questãozinha que cobra pura decoreba! Como disse, dar passada de olho de vez em quando na tabela de classificação dos aços carbono da ABNT, de tempos em tempos, é necessário. Assim, você não perde coisa boba que nem essa. Eliminamos de cara a letra “d”, pois sabemos que é 40% e não 4% de carbono. Aí, você teria que lembrar que os aços da série 86, possuem **níquel** na composição!

Gabarito: "b".

FCM

39. (FCM/IF SUDESTE MG – Técnico de Laboratório - Mecânica – 2016)

A presença de elementos de liga como, por exemplo, Cromo, Níquel e Molibdênio, nos aços baixa liga com médio teor de carbono (0,30 a 0,50%), tem por objetivo melhorar a

- a) soldabilidade do material.
- b) capacidade de deformação plástica a frio.
- c) capacidade de deformação plástica a quente.
- d) dureza, independentemente do tratamento térmico.
- e) temperabilidade, quando submetido ao tratamento de tempera.

Comentário:

Conforme vimos em aula, o principal objetivo em comum desses três elementos (molibdênio, níquel e cromo) é **melhorar a temperabilidade** do aço, entre outros efeitos. Essa melhora se dá pela diminuição da temperatura de formação da martensita (temperabilidade pode ser entendida como a facilidade de uma liga em atingir a microestrutura martensítica no tratamento de têmpera e, assim, atingindo elevada dureza).

Gabarito: "e".

UFMT

40. (UFMT/DETRAN-MT – Analista - Engenharia Mecânica – 2015)

Considerando aços de liga aço-carbono, assinale a alternativa que apresenta os tipos de aço cujo teor de carbono é 0,2%, 1,2 % e 0,4%, respectivamente:

- a) eutetoide, hiper eutetoide, hipo eutetoide
- b) hipo eutetoide, hiper eutetoide, hipo eutetoide
- c) hipo eutetoide, hiper eutetoide, eutetoide
- d) hipo eutetoide, eutetoide, hiper eutetoide.



Comentário:

Apesar de envolver um conhecimento muito básico, vamos relembrar os intervalos dos teores de carbono nos aços? O ponto eutetoide corresponde, a 727°C, no diagrama Fe-C, a teores de carbono em cerca de 0,75,0,77%. Oras, sabemos que os aços hipoeutetoides possuem teores de carbono menores que 0,76/0,77 % de carbono na liga. Os hipereutetoides são aqueles que possuem mais. Assim, temos:

- Aço 0,2%: Aço Hipoeutetoide;
- Aço 1,2%: Aço Hipereutetoide;
- Aço 0,4%: Aço Hipoeutetoide;

Gabarito: "b".

NC-UFPR

41. (NC-UFPR/Pref Curitiba – Engenheiro Mecânico – 2010)

Em projetos de equipamentos mecânicos, o engenheiro se depara com a necessidade de selecionar materiais que apresentem características adequadas às aplicações que esses equipamentos terão. Assim, é muito importante que se conheça, além dos aços-carbono, as principais características de materiais como os aços-liga, aços inoxidáveis, metais não-ferrosos, polímeros e outros. Em relação a esses materiais, considere as afirmativas abaixo:

1. O aço inoxidável AISI 304 é um aço inoxidável austenítico e, por consequência, é não-magnético, muito dúctil e apresenta excelente soldabilidade.
2. A liga constituída por cobre e estanho forma bronze ou latão, dependendo das proporções de cada um dos componentes dessa liga.
3. A densidade do alumínio é aproximadamente um terço da densidade do aço. Existem ligas de alumínio que alcançam limites de resistência semelhantes aos dos aços de baixo teor de carbono, e assim podem substituí- los onde sejam desejáveis estruturas mecânicas de peso reduzido, porém tão resistentes quanto as de aço.
4. Nos aços-liga, o tungstênio é utilizado como um importante elemento para elevar a capacidade de corte e a dureza dos aços.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas 1, 3 e 4 são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas 3 e 4 são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas 2 e 4 são verdadeiras.



- d) Somente as afirmativas 1, 2 e 3 são verdadeiras.
- e) As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras..

Comentário:

Mais uma questão decoreba. Vamos lá, foco! Lembre-se de sempre, de tempos em tempos, ler e reler as tabelas que adaptei dos principais materiais ferrosos (aços) e não ferrosos no decorrer da aula.

1: certa! O aço inoxidável 304 (classificação *AISI*) é, de fato, austenítico, não-magnético (pois é austenítico) e com alta ductilidade e soldabilidade, além da resistência a corrosão;

2: errada! O **latão**, como vimos, é uma liga formada por **cobre** e **zinco**!

3: certa! De fato, a **densidade** de ligas de alumínio giram em torno de cerca de $2,7 \text{ g/cm}^3$, ao passo que, o aço poder chegar, a depender do aço, a cerca de $7,85 \text{ g/cm}^3$. Logo, temos que gira em torno de um terço. Além disso, podemos sim ter ligas de alumínio que são tão resistentes quanto certos aços;

4: certa! Conforme vimos nos tipos de elementos de liga, o **tungstênio** gera um aumento na dureza e capacidade de corte, além da temperatura;

Gabarito: "a".

Univasf

42. (Univasf/Univasf – Técnico - Mecânica – 2008)

Na padronização da especificação dos aços, a ABNT baseou-se nos sistemas americanos SAE (Society of Automotive Engineers) e AISI (American Iron and Steel Institute). Sendo assim, quando especificamos um aço de 1030, queremos dizer que:

- a) é um aço comum ao carbono e que tem 3% de C.
- b) é um aço liga e que possui 0,3% de C.
- c) é um aço comum ao carbono e que tem 0,3% de C.
- d) é um aço ao níquel e que possui 3% de Ni.
- e) é um aço de baixa liga e que possui 3% de Ni.

Comentário:

Tranquilidade! Você que estudou, Coruja, o começo da nossa aula, viu que a nomenclatura básica dos aços em nossa norma ABNT (*AISI* e *SAE*) temos que os dois últimos dígitos são, justamente, as concentrações de **carbono** em porcentagem com uma casa decimal. Logo, temos no aço 1030, 0,3% de carbono.



Gabarito: "c".

Fundatec

43. (Fundatec/CEE-D – Técnico em Mecânica – 2010)

Nas transmissões com redutor de velocidade, a coroa é feita geralmente com o material de

- a) bronze.
- b) aço.
- c) cobre.
- d) ferro fundido branco.
- e) ferro fundido cinzento.

Comentário:

Estrategista, a única alternativa condizente é a letra “a” que nos traz o bronze. Essa liga consegue conciliar tanto a resistência mecânica quanto a maleabilidade, exigível pelo serviço de redução de rotação e aumento de torque típico das relações de transmissão. Esse tipo de serviço pode ocasionar impactos que se a liga não tiver certa absorção energética pode ocorrer fratura com o decorrer do tempo. Assim, aços (a depender do aço é claro, mas a alternativa não especifica) e ferro fundidos não são indicados. Além disso, o cobre puro não possui a mesma resistência que o bronze, por conta da falta de estanho na liga.

Gabarito: "a".

IESES

44. (IESES/IFC-SC – Fabricação Mecânica – 2015)

Os materiais metálicos não-ferrosos têm amplo emprego pela indústria. Sobre esses materiais é correto afirmar que:

- a) O bronze é uma liga de cobre e zinco obtido a partir da fusão desses materiais em um banho eletroquímico. Forma uma camada de óxido na sua superfície, o que o torna resistente à corrosão.
- b) O magnésio é um metal raro na crosta terrestre (0,0001%), porém é de fácil processamento. É obtido a partir de fusão da cassiterita (MgO_2) em um alto forno.
- c) O latão é obtido a partir do minério denominado bauxita e é de difícil obtenção, pois este metal é muito instável quando aquecido. Porém apresenta elevada resistência à corrosão.
- d) O alumínio é obtido a partir da bauxita e necessita muita energia para ser produzido. No entanto, o baixo custo para a sua reciclagem aumenta o seu tempo de vida útil e a estabilidade do seu valor..

Comentário:



Questãozinha que nos cobra um mix de conhecimentos que não é propriamente sobre as **ligas não ferrosas**, mas sobre sua origem e produção. Todavia, é interessante ter em mente para sua prova. Vejamos cada alternativa, Coruja:

Letra “a”: errada! Vimos que o **bronze não é uma liga cobre e zinco** e, sim, uma liga **cobre e estanho**;

Letra “b”: errada, também. Oras, primeiro que o **magnésio** não é um metal “raro”, além de ele ser proveniente da **magnesita ($MgCO_3$)** e não da **cassiterita** que tem relação com a produção de estanho;

Letra “c”: também está equivocada, Coruja. O latão é uma liga **cobre e zinco** e é obtido a partir da fusão de cobre com calamine (minério rico em zinco). A **bauxita** é o minério para a produção de **alumínio**;

Letra “d”: perfeita! De fato, a **bauxita** é o minério que dá origem ao **alumínio** (contém cerca de 50% de óxido de alumínio) pelos processos de **mineração, refino e redução** da alumina. Realmente, a reciclagem do alumínio é de baixo custo o que gera um reaproveitamento economicamente viável dado ao seu valor de retorno em embalagens e recipientes próprios (como as latinhas de cerveja e refrigerante, por exemplo).

Gabarito: "d".

EAOEAR

45. (EAOEAR/Engenheiro Mecânico – 2018)

Os aços são encontrados atualmente em várias formas e tipos. Eles constituem a mais importante classe de material metálico usado na construção mecânica.

Sobre os aços, é correto afirmar que:

- a) o estado encruado, resultante de trabalhos a frio, é característico de produtos siderúrgicos, como fios, fitas, chapas e barras.
- b) a adição de cromo para formar aços-ligas, embora resulte em aumento de resistência à corrosão e à oxidação, reduz a endurecibilidade e a resistência mecânica em altas temperaturas.
- c) os chamados aços refratários são aços de alto teor de elemento de liga, principalmente cromo e, às vezes, alumínio e silício, adicionados para melhorar a resistência à oxidação e proporcionar estabilidade estrutural.
- d) a ductilidade de um aço é uma propriedade mecânica importante. Ela indica a capacidade de um material de absorver energia quando ele é deformado elasticamente e, depois, com a remoção da carga, permitir a recuperação dessa energia.

Comentário:



Opa! Questão que nos cobra diferentes pontos da matéria. Vejamos cada alternativa:

Letra “a”: errada! De fato, o estado encruado é derivado do trabalho a frio (deformações plásticas que geram o encruamento no material). Todavia, é errado dizer que ele é resultado dos produtos siderúrgicos diretamente, pois esse estado deriva de processos de fabricação (como os vários tipos de **conformação**) – siderurgia dificilmente trabalha os materiais a frio. Além disso, atribuir que produto como fios, fitas, chapas e barras são produtos siderúrgicos dá margem para equívoco, pois a siderurgia é uma atividade mais ampla que envolve, também, produtos finais pela **fundição** (que pode gerar outros formatos a depender dos moldes);

Letra “b”: errada! Conforme vimos, o **cromo**, de fato, aumenta a resistência à corrosão e à oxidação (sendo a sua principal característica). Todavia, ele também **aumenta a resistência a altas temperaturas** e, não, reduz, como diz a alternativa;

Letra “c”: certa! Vamos relembrar as características desses aços (também chamados de **aços resistentes ao calor**: costumam manter a resistência e propriedades mecânicas em temperaturas elevadas (muito acima da ambiente) e são resistentes a oxidação pelo calor. Além disso, também é comum terem **cromo** e **cromo-níquel** em sua composição, bem como **silício, molibdênio, manganês, alumínio, fósforo, vanádio e nióbio**. Perceba que “decorar” cada elemento que faz ou não parte, nessa matéria, não é uma boa opção de custo benefício, Coruja. Por isso, sempre analise as demais questões para perceber se algum erro gritante salta aos olhos;

Letra “d”: errada! Ductilidade mede o **grau de deformação no campo plástico** (não no campo elástico) de um material. A alternativa define a propriedade de **resiliência** que já vimos em aulas passadas.

Gabarito: “c”.

46. (EAOEAR/Engenheiro Mecânico – 2016)

Um fabricante de peças utilizou inicialmente um aço SAE 1030 para produzir um eixo de veículo. Após as etapas de conformação e usinagem, a peça foi temperada em óleo e revenida a 500°C por 1 hora, contudo não atingiu a dureza esperada para a aplicação. Em relação ao que o fabricante poderia fazer para aumentar a dureza final do eixo, informe se as afirmativas são verdadeiras (V) ou falsas (F) e, em seguida, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

- () Substituir o aço por um aço de maior teor de carbono.
- () Aumentar a temperatura de revenimento para 700°C.
- () Aumentar o tempo de revenimento para três horas.
- () Substituir o meio de têmpera de óleo por água.



- a) F – V – F – V
- b) F – F – V – F
- c) V – F – F – V
- d) V – V – F – V.

Comentário:

Apesar de ser uma questão que envolve mais o conhecimento sobre **tratamentos térmicos**, Coruja, coloquei nessa aula para que você perceba que, às vezes, é também importante saber a classificação do aço (que é básica nessa questão). Vamos lá. Temos um aço SAE 1030 (0,3% de carbono – hipoeutetoide) que sofreu um **encruamento** e **depois foi temperado** à óleo a 500 °C por 1 hora, mas não atingiu a dureza esperada. Vejamos as assertivas de cima para baixo:

V – sim! Apesar de ser uma solução simples, tem o total sentido – teremos um aço com maior teor de carbono em sua composição que resulta em um aumento da dureza máxima da liga;

F – aí, não! O efeito é justamente o contrário, por conta do aumento do grão e do fenômeno da recristalização, fazendo com que todo o retículo seja rearranjado, aumentando a ductilidade (não a dureza) e tendendo a liberação de possíveis carbonos retidos;

F – também, não, Coruja! Exatamente pelo mesmo princípio da assertiva anterior - o tempo também influencia no crescimento do grão e, dessa forma, teríamos um decréscimo na dureza e aumento da ductilidade;

V – claro! Lembre-se que na têmpera o objetivo é atingir a microestrutura martensítica por meio de um resfriamento **brusco** (extremamente rápido). Dessa forma, não há tempo para o carbono retido (que fica intersticial) se dissolver e ele será responsável pela dureza elevada da martensita e sua elevada tensão. A água é um meio mais agressivo no resfriamento e é uma alternativa para elevar a dureza final do eixo.

Gabarito: "c".

Idecan

47. (Idecan/IFPB - Engenheiro Mecânico – 2019)

Considerando os aços a seguir, assinale o que apresenta o maior nível de dureza quando resfriado em uma condição similar à do equilíbrio.

- a) SAE 1080
- b) SAE 1055
- c) SAE 1020



- d) SAE 1015
- e) SAE 1010

Comentário:

Oras, Coruja, questão bem fácil! Ela cobra de você o conhecimento sobre **classificação dos aços**. Vimos no começo da aula sobre a classificação geral dos aços de acordo com a ABNT (que se baseia na SAE e AISI). Os **dois últimos dígitos** correspondem ao **teor** de carbono na série 10XX (aços-carbono comuns). Como vimos em nossa primeira aula, **quanto maior o teor de carbono no aço carbono, mais elevada é a sua dureza e resistência mecânica**. Dessa forma, em uma condição de resfriamento de equilíbrio, (retirando a probabilidade de formação da **martensita**), o aço 1080 é aquele que terá maior nível de dureza, pois de todos os aços apresentados é o que possui maior concentração de carbono (0,8%, hipereutetoide, inclusive).

Gabarito: "a".

IBFC

48. (IBFC/EMBASA – Técnico de Eletromecânica – 2017)

Considerando a tecnologia dos materiais, assinale a alternativa que indica compostos de elementos metálicos e não metálicos:

- a) Polímeros
- b) Compósitos
- c) Semicondutores intrínsecos
- d) Cerâmicos.

Comentário:

Oras, tranquilidade, Coruja! Sabemos que o material cuja composição é derivada tanto de materiais metálicos como não metálicos é a **cerâmica**! Temos como exemplo **alumínio, silício, magnésio, titânio**, (metais) e **oxigênio, carbono e nitrogênio**, como exemplos de ametais.

Gabarito: "d".

49. (IBFC/Prefeitura Municipal de Divinópolis – Técnico Industrial – 2017)

Quando se deseja guardar algo sensível à umidade em uma caixa, pode-se utilizar um material conhecido pelo nome de:

- a) Sílica-gel



- b) Cascolac
- c) Synteco
- d) Silicone.

Comentário:

Apesar de ser de uma prova específica para técnico, é da IBFC (banca grande) e importante termos as principais características desses materiais. Claro, ao meu ver, cobrar especificamente propriedades de certos materiais que não são comuns, acho um absurdo, mas... infelizmente, concurso tem essas coisas.

Letra "a": correta! De fato, a sílica-gel é um composto sintético (não natural) produzido a partir de silicato de sódio e ácido sulfúrico (nem esquentar com essas reações, Coruja) e muito utilizada para a **absorção de umidade** por conta do seu caráter hidrofílico provenientes das estruturas polares de suas ligações (as hidroxilas de suas ligações forma pontes de hidrogênio com o oxigênio da água que, por isso, possui o caráter polar da ligação). Por conta disso, são amplamente usadas para a preservação de remédios e alimentos, além de produtos que ficam muito tempo em lugares úmidos;

Letra "b": errada! A Cascolac é uma resina feita a base de água ou ureia com o **formol** usadas em pisos de madeira com foco na proteção e geração de brilho no material;

Letra "c": errada! Synteco também é um resina. No caso, é feita a base de resina acrílica, além de água e, também, formol, com foco na proteção de pisos de madeira;

Letra "d": errada! Silicone é um polímero (como vimos) obtido pelo processo de condensação que possui cadeias polimérica extensa cuja formação se dá pela perda de moléculas de água. Em sua estrutura, temos os oxigênios ligados aos átomos de silício (o silício substitui os carbonos na ligação polimérica), por isso, não é considerado um hidrocarboneto. Como principal propriedade, ele tem a resistência elevada ao calor, pois apenas os compostos orgânicos ligados ao silicone que reagem e entram em combustão. Quando restam apenas a sílica (areia) a reação de combustão cessa. Eles podem ser apresentados em forma líquida ou sólida e são atóxicos. Assim, são comumente utilizados em diferentes áreas:

- Aeroespacial (componentes submetidos a altas temperaturas);
- Indústria eletrônica (como isolamento elétrico);
- Área médica (em equipamentos cirúrgicos como próteses);
- Área mecânica (na lubrificação e na atuação como fluido para processos hidráulicos);

Porém, não possuem como característica a absorção de umidade.

Gabarito: "a".





ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1 Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2 Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3 Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4 Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5 Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6 Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7 Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8 O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.